



ABS proportional valve capable of remaining open while the wheel cylinder drain valve is open

Patent number: DE4121470
Publication date: 1992-01-09
Inventor: YOGO KAZUTOSHI (JP); WAKATA HIGEO (JP); IKAI HIDEKI (JP)
Applicant: NIPPON DENSO CO (JP)
Classification:
 - international: **B60T8/36; B60T8/42; B60T8/50; B60T13/68; B60T8/34; B60T8/36; B60T8/42; B60T13/68; (IPC1-7): B60T8/32; B60T8/36; B60T8/48; B60T8/60**
 - european: **B60T8/36; B60T8/36F6; B60T8/42B; B60T8/50; B60T13/68C**
Application number: DE19914121470 19910628
Priority number(s): JP19900177141 19900703

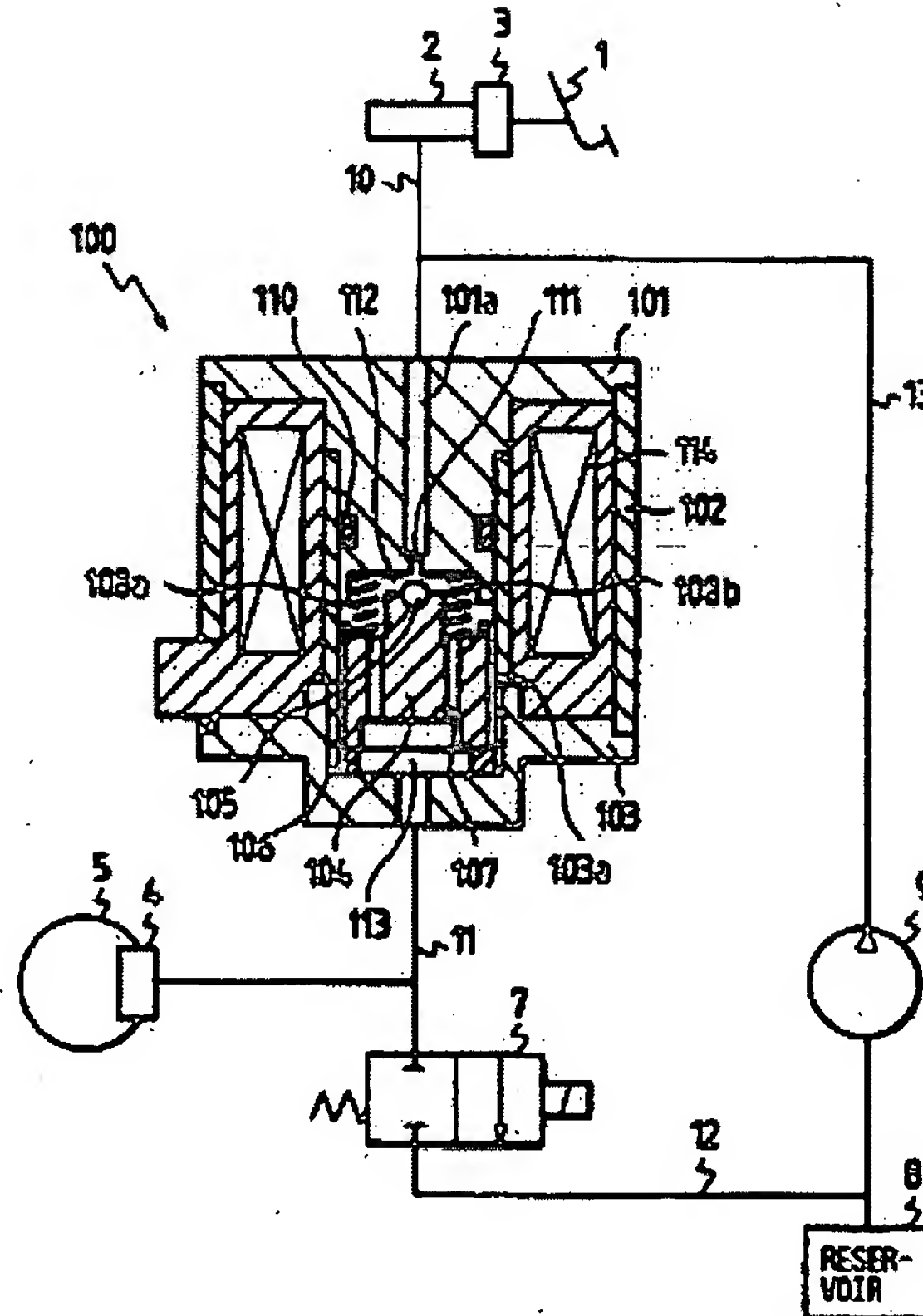
Also published as:

 US5261731 (A1)
 JP4063755 (A)

Report a data error here

Abstract not available for DE4121470
 Abstract of correspondent: **US5261731**

In a braking pressure control apparatus for a vehicle, a first valve connected between a hydraulic pressure source and a wheel cylinder serves to permit and inhibit a supply of brake fluid to the wheel cylinder from the hydraulic pressure source. A second valve connected between the wheel cylinder and a reservoir serves to permit and inhibit an escape of the brake fluid from the wheel cylinder toward the reservoir. A control device serves to output control signals to the first and second valves respectively to control the braking pressure in the wheel cylinder in response to a detected running condition of the vehicle. The control device includes a deciding section for deciding whether or not a small variation in the braking pressure in the wheel cylinder should be done on the basis of the detected running condition of the vehicle, and an outputting section for, when the deciding section decides that the small variation in the braking pressure in the wheel cylinder should be done, simultaneously outputting the control signals to the first and second valves to simultaneously execute the supply of the brake fluid to the wheel cylinder and the escape of the brake fluid from the wheel cylinder.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 21 470 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 41 21 470.6
㉔ Anmeldetag: 28. 6. 91
㉕ Offenlegungstag: 9. 1. 92

⑤① Int. Cl.⁵:
B 60 T 8/32
B 60 T 8/36
B 60 T 8/60
B 60 T 8/48

X 3

DE 41 21 470 A 1

⑤⑩ Unionspriorität: ⑤② ⑤③ ⑤①
03.07.90 JP 2-177141

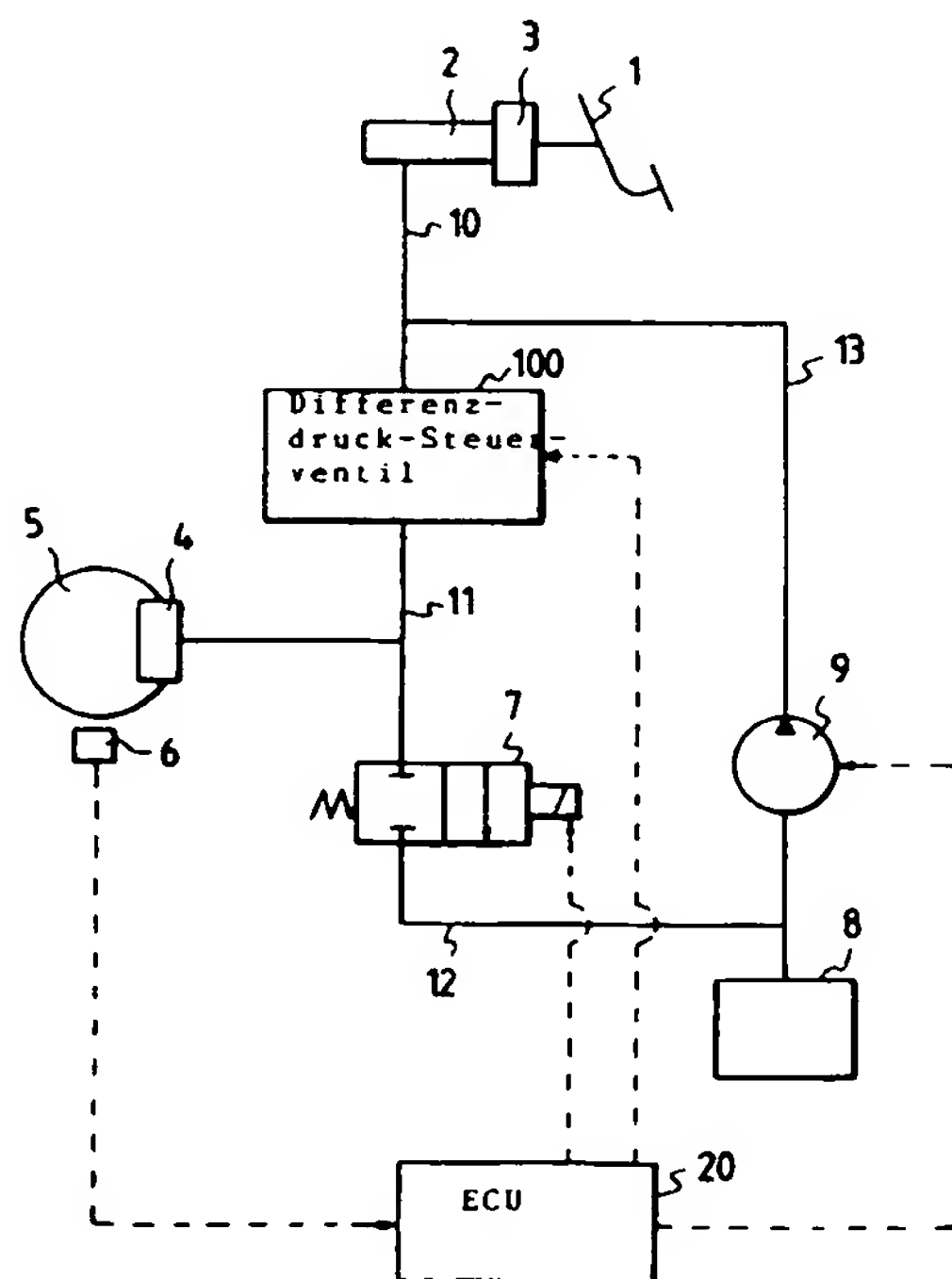
⑦① Anmelder:
Nippondenso Co., Ltd., Kariya, Aichi, JP

⑦④ Vertreter:
Kuhnen, R., Dipl.-Ing.; Wacker, P., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Fürniß, P., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat.; Brandl, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte;
Hübner, H., Dipl.-Ing., Rechtsanw., 8050 Freising

⑦② Erfinder:
Yogo, Kazutoshi; Wakata, Higeo, Nagoya, JP; Ikai,
Hidemi, Kariya, Aichi, JP

⑤④ Bremsdruck-Steuervorrichtung für Kraftfahrzeuge

⑤⑦ Eine Bremsdruck-Steuervorrichtung für Kraftfahrzeuge weist ein erstes Ventil (100) zwischen einer Hydraulikdruckquelle (2) und einem Radzylinder (4) auf, und dient dazu, eine Zufuhr von Bremsflüssigkeit in den Radzylinder (4) von der Hydraulikdruckquelle (2) zu ermöglichen oder zu unterbrechen. Ein zweites Ventil (7) ist zwischen dem Radzylinder (4) und ein Reservoir (8) geschaltet und ermöglicht ein Austreten oder sperrt das Austreten der Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder (4) in Richtung Reservoir (8). Eine Steuereinrichtung (20) gibt Steuersignale an die ersten und zweiten Ventile (100, 7), um den Bremsdruck in dem Radzylinder (4) abhängig von einem erfaßten Fahrzustand des Fahrzeuges zu regeln. Die Steuervorrichtung (20) umfaßt eine Entscheidungseinheit zum Entscheiden, ob geringfügige Änderungen im Bremsdruck in dem Radzylinder (4) auf der Grundlage der erfaßten Fahrzustände des Fahrzeuges nötig sind oder nicht und einen Ausgabeabschnitt zur gleichzeitigen Ausgabe der Steuersignale an die ersten und zweiten Ventile (100, 7), um ein gleichzeitiges Zuführen von Bremsflüssigkeit zu dem Radzylinder (4) und Austreten der Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder (4) zu ermöglichen, wenn der Entscheidungsabschnitt festgestellt hat, daß geringfügige Variationen im Bremsdruck im Radzylinder nötig sind, um beispielsweise eine Antiblockiersteuerung durchzuführen.



DE 41 21 470 A 1

Die Erfindung betrifft eine Bremsdruck-Steuervorrichtung für Kraftfahrzeuge, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 7.

Bei den meisten Antirutsch- oder Antiblockier-Steuersystemen oder Steuervorrichtungen für Kraftfahrzeuge werden die den Radbremszylindern zugeführten Bremsdrücke pro Bremszyklus oder -einheit durch elektromagnetische Ventile eingestellt, welche die Kommunikation unter den Radzylindern, einem Hauptzylinder als Druckquelle und einem Reservoir steuern.

Die JP-OS 51-6 308 beschreibt eine Antiblockiervorrichtung, bei der die elektromagnetischen Ventile, welche die Kommunikation regeln, durch Pulsströme betrieben werden, so daß somit die Anhebe- und Absenkraten der Bremsdrücke, welche den Radzylindern zugeführt werden variabel sind abhängig von dem Taktverhältnis der Treiberpulsströme. Die Antiblockiersteuerung gemäß der JP-OS 51-6 308 ist somit in der Lage, die Bremsdrücke graduell anzuheben oder abzusinken.

Allerdings hat diese bekannte Antirutsch- oder Antiblockiervorrichtung das nachfolgende Problem: die Ansprechcharakteristiken oder elektromagnetischen Ventile begrenzen den Minimalwert eines variablen Bereiches der Taktzyklen der Treiberpulse ganz beachtlich. Im Ergebnis sind feine Justierungen der Bremsdrücke unter bestimmten Umständen relativ schwierig.

Demgegenüber ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Bremsdruck-Steuervorrichtung für Kraftfahrzeuge zu schaffen, welche in der Lage ist, die den Radzylindern zuzuführenden bzw. die an die Radzylinder anzulegenden Bremsdrücke fein zu steuern.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 bzw. 7 angegebenen Merkmale.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Weitere Einzelheiten, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

Es zeigt

Fig. 1 schematisch eine Bremsdruck-Steuervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine Schnittdarstellung durch ein Differenzdruck-Steuerventil gemäß Fig. 1;

Fig. 3 eine Schnittdarstellung durch einen Teil des Differenzdruck-Steuerventils von Fig. 2;

Fig. 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Charakteristiken des Differenzdruck-Steuerventils gemäß Fig. 1 und 2;

Fig. 5 ein Zeitdiagramm zur Darstellung von Variationen eines Treiberstroms und Drücken, welche dem Differenzdruck-Steuerventil gemäß den Fig. 1 und 2 zuzuordnen sind;

Fig. 6 ein Zeitdiagramm zur Erläuterung von Variationen im Treiberstrom für das Differenzdruck-Steuerventil, einem Treibersignal an ein Schaltventil, einen Hauptzylinderdruck und einen Radzylinderdruck in der Vorrichtung von Fig. 1;

Fig. 7 ein Flußdiagramm eines Programms der ECU von Fig. 1;

Fig. 8 schematisch eine Bremsdruck-Steuervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorlie-

genden Erfindung;

Fig. 9 eine Schemazeichnung einer Schnittdarstellung des Differenzdruck-Steuerventils aus Fig. 8;

Fig. 10 eine Schnittdarstellung durch einen Teil des Differenzdruck-Steuerventils von Fig. 9;

Fig. 11 ein Diagramm zur Veranschaulichung von Charakteristiken des Differenzdruck-Steuerventils aus den Fig. 8 und 9;

Fig. 12 ein Zeitdiagramm zur Erläuterung von Variationen in einem Treiberstrom und Drücken in dem Differenzdruck-Steuerventil der Fig. 8 und 9;

Fig. 13 ein Zeitdiagramm zur Veranschaulichung von Variationen im Treiberstrom des Differenzdruck-Steuerventils, einem Treibersignal an ein Schaltventil und eines Radzylinderdruckes in der Vorrichtung von Fig. 8;

Fig. 14 schematisch eine Bremsdruck-Steuervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 15 einen Schnitt durch das stromabwärtige Druckeinstellventil von Fig. 14;

Fig. 16 einen Schnitt durch einen Teil des stromabwärtigen Druckeinstellventils von Fig. 15;

Fig. 17 ein Diagramm zur Veranschaulichung von Charakteristiken des stromabwärtigen Druckeinstellventils von Fig. 14 und 15;

Fig. 18 schematisch eine Bremsdruck-Steuervorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 19 ein Diagramm einer Wellenform eines Treibersignals für ein Differenzdruck-Steuerventil in einer Bremsdruck-Steuervorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Gemäß Fig. 1 wird ein hydraulischer Hauptzylinder 2 von einem Bremspedal 1 über einen Bremskraftverstärker 3 betätigt. Der Hauptzylinder 2 ist mit einem elektromagnetischen Differenzdruck-Steuerventil 100 (einem elektrisch betriebenen Ventil oder einem Magnetventil) und dem Auslaß einer elektrischen Pumpe 9 über Leitungen 10 und 13 verbunden. Die Pumpe 9 dient zur Erzeugung eines Hydraulikdruckes. Das Steuerventil 100 ist in einer Bremsanlage mit einem hydraulischen Radzylinder 4 und einem elektromagnetischen Schaltventil 7 (ein elektrisch betriebenes Ventil oder ein Magnetventil) über eine Zweigleitung 11 verbunden. Der Radzylinder 4 ist einem Fahrzeugrad 5 zugeordnet. Das Schaltventil 7 ist über eine Leitung 12 mit einem Reservoir 8 verbunden. Der Einlaß der Pumpe 9 ist ebenfalls mit dem Reservoir 8 verbunden.

Wenn das Differenzdruck-Steuerventil 100 offen ist, werden die vom Hauptzylinder 2 und der Pumpe 9 erzeugten Drücke dem Radzylinder 4 zugeführt, so daß der Bremsdruck in dem Radzylinder 4 ansteigen kann. Wenn das Steuerventil 100 geschlossen ist, ist die Übertragung von Drücken vom Hauptzylinder 2 und der Pumpe 9 zu dem Radzylinder 4 unterbrochen, so daß der Bremsdruck im Radzylinder 4 abnehmen kann oder im wesentlichen konstant bleibt. Wenn das Schaltventil 7 offen ist, tritt Bremsflüssigkeit von dem Radzylinder 4 in Richtung des Reservoirs 8 aus, so daß der Bremsdruck im Radzylinder 4 abnimmt. Wenn das Schaltventil 7 geschlossen ist, ist das Austreten von Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder 4 in Richtung des Reservoirs 8 unterbrochen, so daß der dem Radzylinder 4 zugeführte Bremsdruck im wesentlichen fest bleibt. Auf diese Art und Weise kann der dem Radzylinder 4 zugeführte Bremsdruck durch das Differenzdruck-Steuerventil 100 und das Schaltventil 7 gesteuert oder geregelt werden.

Hierbei ist das Differenzdruck-Steuerventil 100 von

einem derartigen Typ, daß der Druck über dem Ventil 100 kontinuierlich abhängig von dem Pegel eines Treiberstroms für das Ventil 100 variiert werden kann. Das Steuerventil 100 ist normalerweise offen. Andererseits ist das Schaltventil 7 vom EIN/AUS-Typ, ist also zwischen einer geschlossenen und einer offenen Schaltstellung umschaltbar. Weiterhin ist das Schaltventil 7 für gewöhnlich geschlossen. Wie später noch beschrieben wird, ist unter bestimmten Bedingungen das Schaltventil 7 von einem Pulsstrom betrieben, der ein variables Taktverhältnis hat. Zeitlich gemittelt betrachtet, ist der Öffnungsgrad des Schaltventils 7 somit abhängig von dem Taktverhältnis des Treiberpulsstroms änderbar. Somit kann der dem Radzylinder 4 zugeführte Bremsdruck kontinuierlich abhängig vom Pegel des Treiberstroms am Steuerventil 100 und dem Taktverhältnis des Treiberimpulsstroms des Schaltventils 7 gemacht werden. Das elektromagnetische Ventil 100 dient dazu, die Differenz ΔP zwischen einem Hauptzylinderdruck PM und einem Radzylinderdruck PW zu regeln, wobei der Hauptzylinderdruck PM als Ergebnis der Drücke definiert ist, welche vom Hauptzylinder 2 und der Pumpe 9 erzeugt werden und wobei der Radzylinderdruck PW als der Druck definiert ist, der dem Radzylinder 4 zugeführt wird, also der dem Radzylinder 4 zugeführte Bremsdruck ist.

Ein Geschwindigkeitssensor 6, der dem Rad 5 zugeordnet ist, erfaßt die Drehgeschwindigkeit oder Rotationsgeschwindigkeit des Fahrzeuges 5. Der Sensor 6 steht mit einer elektronischen Steuereinheit ECU 20 elektrisch in Verbindung, so daß von dem Sensor 6 ausgegebene Fahrzeugsgrad-Geschwindigkeitssignale der ECU 20 zugeführt werden. Die ECU 20 erkennt Blockierzustände des Fahrzeuges 5 auf der Grundlage dieser Signale. Die ECU 20 steht mit dem Steuerventil 100, dem Schaltventil 7 und der Pumpe 9 in Verbindung. Treibersignale für das Steuerventil 100, das Schaltventil 7 und die Pumpe 9 werden von der ECU 20 abhängig von erfaßten Blockierzuständen des Fahrzeuges 5 erzeugt. Die erzeugten Treibersignale werden von der ECU 20, dem Steuerventil 100, dem Schaltventil 7 und der Pumpe 9 zugeführt.

Es sei hier noch festgehalten, daß Fig. 1 nur ein Fahrzeugsgrad 5 zeigt und daß im Falle eines vierrädrigen Fahrzeugs noch drei weitere Fahrzeugsräder 5 hinzudenken sind. Ein bestimmter Teil der Anordnung gemäß Fig. 5 ist dann auch für jedes der weiteren Fahrzeugsräder vorgesehen. Die Steuerung des Bremsdrucks wird unabhängig für jedes der Fahrzeugsräder durchgeführt.

Gemäß Fig. 2 weist das Differenzdruck-Steuerventil 100 unter anderem einen Kern 101, ein Joch 102, eine Platte 103, einen Anker 104, ein zylindrisches Bauteil 103a, eine Unterlegscheibe 105 und eine Wicklung 114 auf. Der Kern 101 ist aus magnetischem Material gefertigt und erstreckt sich innerhalb des zylindrischen Bauteils 103a. Das zylindrische Bauteil 103a ist an der Platte 103 befestigt und aus nichtmagnetischem Material gefertigt. Ebenfalls aus nichtmagnetischem Material ist die Scheibe 105. Die Wicklung 114 ist in bekannter Weise in Kunstharz eingebettet. Der Anker 104 ist beweglich innerhalb des zylindrischen Bauteils 103a angeordnet. Wenn die Wicklung 114 erregt wird, wird der Anker 104 in Richtung des Kerns 101 bewegt, so daß eine Ventilkugel 105, die an dem Anker 104 befestigt ist, in Anlage mit einem Ventilsitz 111 gelangt, der an dem Kern 101 ausgebildet ist. Im Ergebnis wird eine Verbindung zwischen einem Durchlaß 101a und einer Kammer 112 blockiert. Der Durchlaß 101a führt zu der Leitung 10. Wenn ande-

rerseits die Wicklung 114 nicht erregt wird, wird der Anker 104 von dem Kern 101 mittels Rückstellfedern 108a und 108b wegbewegt, so daß die Kugel 105 von dem Ventilsitz 111 abhebt. Im Ergebnis stehen der Durchlaß 101a und die Kammer 112 miteinander in Verbindung. In diesem Fall kann der Anker 104 bewegt werden, bis er an der Scheibe 105 anschlägt. Die Kammer 112 steht mit einer Kammer 113 über Durchlässe 107 in Verbindung, welche durch den Anker 104 verlaufen. Die Kammer 113 steht mit der Leitung 11 in Verbindung.

Während eines normalen Bremsvorganges gibt die ECU 20 keine Treibersignale an das Steuerventil 100 und das Schaltventil 7. Somit verbleibt das Steuerventil 100 voll offen, so daß der Hauptzylinder 2, die Pumpe 9 und der Radzylinder 4 voll miteinander in Verbindung stehen und miteinander kommunizieren können. Zusätzlich verbleibt das Schaltventil 7 in seiner normal geschlossenen Position, so daß die Kommunikation zwischen dem Radzylinder 4 und dem Reservoir 8 blockiert ist. In diesem Falle wird der Hauptzylinderdruck PM, der als Antwort auf ein Niederdrücken des Bremspedals 1 erzeugt wird, über die Leitung 10, das Steuerventil 100 und die Leitung 11 dem Radzylinder 4 zugeführt, wobei keinerlei Beeinflussung durch das Steuerventil 100 erfolgt.

Wenn der Blockiergrad des Fahrzeuges 5 während des Bremsvorganges anwächst, beginnt die ECU 20 mit einer Antiblockier-Steuerung. Während dieser Antiblockier-Steuerung arbeitet die ECU 20 derart, daß der Radzylinderdruck PW durch Steuern des Differenzdruck-Steuerventils 100 und des Schaltventils 7 eingestellt wird.

Ein Anheben des Radzylinderdruckes PW während des Antiblockiersteuervorganges wird durch Steuern des Wertes oder Grades des Treiberstroms an das Steuerventil 100 durchgeführt. Während eines Anhebens des Radzylinderdruckes PW gibt die ECU 20 keinerlei Treibersignale an das Schaltventil 7 aus, so daß dieses geschlossen bleibt.

Eine genauere Beschreibung der Arbeitsweise des Steuerventils 100 erfolgt nun unter Bezug auf Fig. 3.

Wenn die Wicklung 114 innerhalb des Differenzdruck-Steuerventils 100 mit einem Treiberstrom von der ECU 20 versorgt wird, wird eine elektromagnetische Anziehungskraft FE in einer Richtung erzeugt, daß die Ventilkugel 105 an dem Anker 104 in Richtung des Ventilsitzes 111 am Kern 101 bewegt wird, wie in Fig. 3 dargestellt. Der Anker 104 unterliegt neben der elektromagnetischen Anziehungskraft FE noch drei weiteren Kräften FS, FM und FW, wie ebenfalls in Fig. 3 dargestellt. Die erste Kraft FS wird von den Rückstellfedern 108a und 108b in einer Richtung erzeugt, welche die Kugel 105 außer Anlage mit dem Ventilsitz 111 bringt. Die zweite Kraft FM wird von dem Hauptzylinderdruck PM in einer Richtung erzeugt, welche die Ventilkugel 105 ebenfalls von dem Ventilsitz 111 abhebt. Diese zweite Kraft FM gibt sich als $FM = PM \times S$, wobei S die Fläche des Teils des Ventilsitzes 111 darstellt, auf den der Hauptzylinderdruck PM wirkt, wenn die Kugel 105 an dem Ventilsitz 111 anliegt. Die dritte Kraft FW wird von dem Radzylinderdruck PW in Richtung einer Bewegung der Kugel 105 auf den Ventilsitz 111 zu erzeugt. Die dritte Kraft FW gibt sich als $FW = PW \times -S$.

Wenn die Kräfte FE, FS, FM und FW, welche auf den Anker 104 wirken ausbalanciert sind, liegt die Ventilkugel 105 an dem Ventilsitz 111 an. In diesem Moment gehen der Hauptzylinderdruck PM und der Radzylinder-

derdruck PW in einen Festzustand (steady state) über. In diesem ausbalancierten Zustand ergibt sich die Beziehung unter den Kräften aus der nachfolgenden Gleichung (1):

$$FM + FS = FW + FE \quad (1)$$

Unter Bezug auf die Gleichung (1) ergibt sich die Beziehung zwischen der Kraft FM und dem Hauptzylinderdruck PM und die Beziehung zwischen der Kraft FW und dem Radzylinderdruck PW, sowie die Differenz ΔP zwischen Hauptzylinderdruck PM und Radzylinderdruck PW aus der folgenden Gleichung:

$$\Delta P = PM - PW = (FE - FS)/S \quad (2)$$

Da die Federkraft FS und die Ventilsitzfläche S konstant sind, ergibt sich aus Gleichung (2), daß die Differenz ΔP zwischen Hauptzylinderdruck PM und Radzylinderdruck PW abhängig von der elektromagnetischen Anziehungskraft FE kontinuierlich variiert werden, wie aus Fig. 4 hervorgeht. Die elektromagnetische Anziehungskraft FE ist hierbei proportional zu dem Treiberstrom, der der Wicklung 114 zugeführt wird. Somit kann die Differenz ΔP zwischen Hauptzylinderdruck PM und Radzylinderdruck PW durch Regelung oder Kontrolle des Wertes des Treiberstroms an der Wicklung 114 kontinuierlich justiert werden.

Nachfolgend wird das Anheben des Bremsdruckes während der Antiblockiersteuerung näher erläutert. Es sei nun angenommen, daß die Druckdifferenz ΔP gleich einem Wert ΔP ist, wenn der Treiberstrom an der Wicklung 114 einen Wert IE1 annimmt und somit die elektromagnetische Anziehungskraft FE einen Wert FE1 annimmt, wie in Fig. 4 dargestellt. Nachfolgend wird der Fall beschrieben, in dem der Treiberstrom vom Wert IE1 auf einen Wert IE2 abgesenkt wird, so daß die elektromagnetische Anziehungskraft FE von einem Wert FE1 auf einen Wert FE2 in einem Zeitpunkt t0 zurückgeht, wie in Fig. 5 dargestellt. Die Abnahme des Treiberstroms bringt die Kräfte FE, FS, FM und FW, welche auf den Anker 104 wirken außer Balance, so daß die sich ergebende Endkraft oder Resultierende den Anker 104 von dem Ventilsitz 111 wegbewegt. Im Ergebnis wird das Differenzdruck-Steuerventil 100 geöffnet. Die Bremsflüssigkeit strömt somit über das Steuerventil 100 in den Radzylinder 4, so daß der Bremsdruck, das heißt der Radzylinderdruck PW anwächst, wie in Fig. 5 dargestellt. Wenn der Radzylinderdruck PW ansteigt, wird die zugehörige Kraft FW stärker und die Druckdifferenz ΔP fällt ab. Wenn die Druckdifferenz ΔP einen Wert ΔP_2 entsprechend der elektromagnetischen Anziehungskraft FE2 (Fig. 4) erreicht, das heißt, wenn der Radzylinderdruck PW einen Wert "PM - ΔP_2 " erreicht, sind die Kräfte FE, FS, FM und FW, welche auf den Anker 104 wirken wieder im Gleichgewicht und die Kugel 105 wird in Anlage mit dem Ventilsitz 111 gebracht. Das Differenzdruck-Steuerventil 100 schließt und der Radzylinderdruck PW wird auf den Wert "PM - ΔP_2 " gehalten.

Eine Summe K der Federkonstanten Ka und Kb der Rückstellfedern 108a und 108b wird so gewählt, daß diese Summe größer ist als die Variationsrate der elektromagnetischen Anziehungskraft FE bezüglich des Hubs des Ankers 104. In dem Fall, in dem die Differenz ΔP zwischen Hauptzylinderdruck PM und Radzylinderdruck PW sich in Richtung des Wertes ΔP entsprechend der elektromagnetischen Anziehungskraft FE2 bewegt,

bewegt sich die Ventilkugel 105 mit einer langsameren Rate in Richtung des Ventilsitzes 111, da die Druckdifferenz ΔP näher an dem Wert ΔP ist. Im Ergebnis wird der Öffnungsgrad des Differenzdruck-Steuerventil 100, der durch den Abstand zwischen Ventilkugel 105 und Ventilsitz 111 bestimmt ist nach und nach verringert und der Radzylinderdruck PW nimmt langsam zu, wie in Fig. 5 dargestellt.

Die ECU 20 kann somit ein sanftes Anheben des Radzylinderdruckes PW durch Senken des Treiberstroms IE an das Steuerventil 100 durchführen, während das Schaltventil 7 abgeschaltet bleibt. Der Grad oder die Größe des Anhebens des Radzylinderdruckes PW durch Regeln des Treiberstroms IE für das Steuerventil 100 fein eingestellt werden.

Wenn während der Antiblockiersteuerung der Radzylinderdruck PW konstant bleiben soll, schaltet die ECU 20 das Schaltventil 7 ab und hält den Treiberstrom IE für das Steuerventil 100 auf einem konstanten Wert.

Nachfolgend wird das Absenken des Bremsdruckes während der Antiblockiersteuerung erläutert. Wenn während der Antiblockiersteuerung ein geringfügiges Abnehmen des Radzylinderdruckes PW nötig ist, steigert die ECU 20 den Treiberstrom IE für das Steuerventil 100 und liefert einen gepulsten Treiberstrom an das Schaltventil 7. Die nachfolgende Erläuterung erfolgt insbesondere unter Bezugnahme auf Fig. 6. Es sei nun angenommen, daß der Treiberstrom IE für das Steuerventil 100 fest bleibt und ebenfalls der Radzylinderdruck PW konstant bleibt, bis zu einem Zeitpunkt t0 gemäß Fig. 6. Zusätzlich erhöht die ECU 20 in einem Intervall zwischen dem Zeitpunkt t0 und einem Zeitpunkt t1 den Treiberstrom IE für das Steuerventil 100, so daß der Radzylinderdruck PW sanft ansteigt, wie in Fig. 6 dargestellt. Für den Fall, daß zum Zeitpunkt t1 der Radzylinderdruck PW um einen Druck PA abnehmen muß, erhöht die ECU 20 den Treiberstrom IE für das Steuerventil 100 um einen Wert ΔIEA entsprechend dem Wert PA und beginnt mit der Zufuhr des gepulsten Treiberstroms an das Schaltventil 7. Wie in Fig. 6 dargestellt, fährt die ECU 20 während eines Intervalls zwischen dem Zeitpunkt t1 und dem Zeitpunkt t3 damit fort, das Schaltventil 7 durch Zufuhr eines gepulsten Treiberstroms zu betreiben, so daß das Schaltventil 7 offen bleibt und der Radzylinder 4 in Verbindung mit dem Reservoir 8 gehalten wird. Somit tritt Bremsflüssigkeit von dem Radzylinder 4 in Richtung des Reservoirs 8 über das Schaltventil 7 aus und der Radzylinderdruck PW fällt ab. Zu einem Zeitpunkt t2 zwischen den Punkten t1 und t3 fällt der Radzylinderdruck PW auf einen Wert, der unterhalb des letzten Spitzenwertes liegt, wobei dieser Abfall dem Druck PA entspricht und die Differenz zwischen dem Hauptzylinderdruck PM und dem Radzylinderdruck PW wird gleich dem Wert ΔPA . Zu diesem Zeitpunkt t2 ist das Absenken des Radzylinderdruckes PW abgeschlossen. Während des Intervalls zwischen den Zeitpunkten t2 und t3 wird, wenn Bremsflüssigkeit vom Radzylinder 4 in Richtung des Reservoirs 8 austritt und somit der Radzylinderdruck PW weiterhin abfällt, das Steuerventil 100 geöffnet und Bremsflüssigkeit dem Radzylinderdruck PW zugeführt. Im Ergebnis wird ein derartiges weiteres Absinken des Radzylinderdruckes PW verhindert und somit ist die Differenz ΔP zwischen Hauptzylinderdruck PM und Radzylinderdruck PW im wesentlichen auf dem Wert ΔPA gehalten. Mit anderen Worten, während des Intervalls zwischen den Momenten t2 und t3 kann das Austreten von Bremsflüssigkeit vom Radzylinder 4 Richtung Schalt-

ventil 7 und die Zufuhr von Bremsflüssigkeit zum Radzylinder 4 über das Steuerventil 100 gleichzeitig durchgeführt werden. Da die Strömung von Bremsflüssigkeit, die aus der gleichzeitigen Abfuhr von Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder 4 und Zufuhr von Bremsflüssigkeit in den Radzylinder im wesentlichen wirkungslos für eine korrekte Einstellung des Radzylinderdruckes PW ist, ist vorteilhafterweise der Intervall zwischen den Momenten t2 und t3 kurz. Genauer gesagt, vorzugsweise ist eine Breite D (Fig. 6) eines Impulses des Treiberstroms für das Schaltventil 7 etwas länger als das Intervall zwischen den Momenten t1 und t2, welches verstreicht, bis der Radzylinderdruck PW um den Wert PA abgesenkt worden ist.

Wenn während der Antiblockiersteuerung ein rapides und schnelles Absenken des Radzylinderdruckes PW nötig ist, erhöht die ECU 20 den Treiberstrom IE für das Steuerventil 100 ebenfalls stark und liefert den gepulsten Treiberstrom an das Schaltventil 7. In diesem Fall ist die Pulsbreite des Treiberstroms für das Schaltventil 7 relativ groß gesetzt.

Die ECU 20 umfaßt einen Mikrocomputer, der in bekannter Weise eine Kombination unter anderem aus einer CPU, einem ROM, einem RAM und einem I/O-Schaltkreis hat. Die ECU 20 arbeitet abhängig von einem Programm in dem ROM. Fig. 7 zeigt ein Flußdiagramm des Programms, welches periodisch wiederholt wird.

Gemäß Fig. 7 berechnet ein erster Schritt 400 des Programms die momentane Radgeschwindigkeit VW unter Bezug auf das Ausgangssignal vom Sensor 6. Ein Schritt 410 nach dem Schritt 400 berechnet eine momentane Fahrzeugradbeschleunigung αW auf der Grundlage der Signale vom Sensor 6. In einem Schritt 420 wird eine momentane Fahrzeugkarosseriegeschwindigkeit Vb und eine momentane Fahrzeugkarosseriebeschleunigung αb auf der Grundlage der Geschwindigkeit VW und der Beschleunigung αW geschätzt. In einem Schritt 430 wird eine Referenzgeschwindigkeit Vs durch Multiplikation der geschätzten Geschwindigkeit Vb mit einer bestimmten Konstante zwischen 0,7 und 0,95 erzeugt. Die Referenzgeschwindigkeit Vs wird verwendet, um Blockierzustände des Fahrzeugrades 5 zu entscheiden oder zu detektieren. Ein Schritt 440 berechnet einen Radparameter W, der Blockierzustände des Rades 5 anzeigt. Genauer gesagt, der Radparameter W wird durch die nachfolgende Gleichung ermittelt

$$W = A(VW - Vs) + B(\alpha b - \alpha b),$$

wobei A und B bestimmte positive Konstanten sind. Der Radparameter W, der gleich oder größer als Null ist, zeigt an, daß das Rad 5 nicht blockiert. Ein Radparameter W, der kleiner als Null ist, zeigt an, daß das Rad 5 blockiert. In diesem Fall bezeichnet der Absolutwert des Radparameters W den Blockiergrad des Rades 5. In einem Schritt 450 wird entschieden, ob eine Antiblockiersteuerung durchgeführt wird oder nicht. Wenn die Antiblockiersteuerung nicht durchgeführt wird, geht das Programm zum Schritt 460. Wenn die Antiblockiersteuerung durchgeführt wird, springt das Programm in einen Schritt 480. Der Schritt 460 entscheidet, ob der Radparameter W kleiner als ein Steuerstartwert $-Kw$ ist oder nicht. Wenn der Radparameter W kleiner als der Start $-Kw$ ist, das heißt, wenn das Rad 5 einer Blockade unterliegt, geht das Programm zu einem Schritt 470, wo die Pumpe 9 aktiviert wird, um die Anti-

blockiersteuerung zu beginnen. Wenn der Radparameter W gleich oder größer als der Startwert $-Kw$ ist, das heißt, wenn das Rad 5 nicht blockiert, wird der momentane Ablauf dieses Programms beendet.

Im Schritt 480 wird entschieden, ob der Radparameter W größer als Null während eines bestimmten Intervalls Te von beispielsweise 0,5 bis 2 Sekunden ist oder nicht. Wenn der Radparameter W für dieses bestimmte Intervall Te größer als Null ist, das heißt, wenn die Blockade des Rades 5 aufgehoben worden ist, geht das Programm zu einem Schritt 490, wo die Pumpe 9 abgeschaltet wird, um die Antiblockiersteuerung zu beenden. Wenn während des Intervalls Te der Radparameter W nicht größer als Null ist, das heißt, wenn die Blockade des Rades 5 noch fort dauert, geht das Programm zu Schritt 500. Nach dem Schritt 490 wird der vorliegende Ablauf des Programmzyklus beendet.

Der Schritt 500 errechnet einen gewünschten Druckänderungswert durch Multiplikation des Radparameters W mit einem bestimmten Koeffizienten K1. Ein Schritt 510 berechnet einen bestimmten Stromänderungswert ΔI entsprechend dem gewünschten Druckänderungswert unter Bezug auf die Relation gemäß Fig. 4. Ein Schritt 520 erneuert den gewünschten Treiberstrom für das Steuerventil 100 und berechnet insbesondere den vorliegenden Treiberstrom i_n durch Addition des gewünschten Treiberstromwerts ΔI zu dem vorhergehenden Treiberstrom I_{n-1} .

Ein Schritt 530 nach dem Schritt 520 vergleicht den Radparameter W mit dem Wert Null. Wenn der Radparameter W gleich oder größer als Null ist, geht das Programm zu einem Schritt 550. Im anderen Fall geht das Programm zu einem Schritt 540. Der Schritt 550 stellt einen Wert "t" eines jeden Pulses des Treiberstroms für das Schaltventil 7 auf Null, so daß das Schaltventil 7 kontinuierlich abgeschaltet wird, um den Radzylinderdruck PW zu halten oder zu steigern. Der Schritt 540 bestimmt die Pulsbreite "t" des Treiberstroms für das Schaltventil 7 unter Bezug auf die nachfolgende Gleichung:

$$t = \max(K2 \times W + t_0, t_{\min}).$$

Genauer gesagt, der Schritt 540 multipliziert den Radparameter W mit einem bestimmten Koeffizienten K2 und addiert einen bestimmten Offset-Intervall t_0 zu dem Ergebnis der Multiplikation, um so den Wert " $K2 \times W + t_0$ " zu berechnen. Zusätzlich liest der Schritt 540 eine minimale Pulsbreite " t_{\min} " aus, die nötig ist, um das Schaltventil 7 zu betreiben. Schließlich wählt der Schritt 540 aus diesen beiden Werten den größeren Wert als die gewünschte Pulsbreite "t". Wenn somit eine Blockade des Rades 5 auftritt und somit der Radparameter W kleiner als Null wird, wird ein Treiberstrom mit einer Pulsbreite gleich oder größer der minimalen Pulsbreite " t_{\min} " dem Schaltventil 7 zugeführt, um den Radzylinderdruck PW zu verringern. Wenn der Absolutwert des Radparameters W ansteigt, das heißt, wenn der Blockiergrad des Rades 5 anwächst, wird die gewünschte Pulsbreite "t" verlängert, um das Senken des Radzylinderdruckes PW zu verstärken. Nach den Schritten 540 und 550 geht das Programm zu einem Schritt 560, wo der gewünschte momentane Treiberstrom I_n aus dem Schritt 520 ausgegeben wird und wo weiterhin die gewünschte Pulsbreite "t" aus dem Schritt 540 oder 550 ausgegeben wird. Genauer gesagt, der Schritt 560 setzt den momentanen Treiberstrom und die momentane Pulsbreite auf den gewünschten Treiberstrom I_n und die

gewünschte Pulsbreite "t". Im Ergebnis wird ein Treiberstrom mit einem Wert gleich dem gewünschten Wert I_n dem Steuerventil 100 zugeführt und zusätzlich wird ein Treiberimpuls mit einer Pulsbreite gleich der gewünschten Breite "t" dem Schaltventil 7 zugeführt. Nach dem Schritt 560 ist der momentane Zyklusablauf des Programmes beendet.

Nachfolgend wird eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezug auf die Fig. 8 bis 13 näher erläutert.

In den Fig. 1 und 8 sind gleiche oder einander entsprechende Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen und eine nochmalige detaillierte Beschreibung dieser Teile erfolgt nicht. Gemäß Fig. 8 wird der hydraulische Hauptzylinder 2 in Antwort auf ein Niederdrücken des Bremspedals 1 über einen Bremskraftverstärker 3 betätigt. Der Hauptzylinder 2 ist mit einem elektromagnetischen Schaltventil 30 über die Leitung 10 und mit dem Auslaß der Pumpe 9 über die Leitung 13 verbunden. Die Pumpe 9 erzeugt einen hydraulischen Druck. Das Schaltventil 30 ist mit dem hydraulischen Radzylinder 4 innerhalb einer Bremseinheit und einem Differenzdruck-Steuerventil 200 des elektromagnetischen Typs über die Zweigleitung 11 verbunden. Der Radzylinder 4 ist dem Kraftfahrzeuggrad 5 zugeordnet. Das Differenzdruck-Steuerventil 200 ist über die Leitung 12 mit dem Reservoir 8 verbunden. Weiterhin ist der Einlaß der Pumpe 9 mit dem Reservoir 8 verbunden.

Wenn das Schaltventil 30 offen ist, werden die vom Hauptzylinder 2 und der Pumpe 9 erzeugten Drücke dem Radzylinder 4 zugeführt, so daß der Bremsdruck in dem Radzylinder 4 anwächst. Wenn das Schaltventil 30 geschlossen ist, wird die Druckübertragung von Hauptzylinder 2 und der Pumpe 9 zum Radzylinder 4 unterbrochen, so daß der Bremsdruck im Radzylinder 4 abnehmen oder gleichbleiben kann. Wenn das Differenzdruck-Steuerventil 200 offen ist, strömt Bremsflüssigkeit vom Radzylinder 4 in Richtung des Reservoirs 8, so daß der Bremsdruck im Radzylinder 4 abnehmen kann. Wenn das Steuerventil 200 geschlossen ist, ist das Austreten von Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder 4 in Richtung Reservoir 8 unterbrochen, so daß der dem Radzylinder 4 zugeführte Bremsdruck im wesentlichen gleichgehalten wird. Auf diese Art und Weise kann der am Radzylinder 4 anliegende Bremsdruck durch entsprechendes Betätigen des Schaltventils 30 und des Drucksteuerventils 200 geregelt werden.

Das Differenzdruck-Steuerventil 200 ist von einem Typ, der eine kontinuierliche Druckvariation abhängig von einem Treiberstrom zum Ventil 200 ermöglicht. Das Steuerventil 200 ist für gewöhnlich geschlossen. Das Schaltventil 30 ist vom EIN/AUS-Typ, ist also zwischen einer geschlossenen und einer offenen Stellung schaltbar. Weiterhin ist das Schaltventil 30 in seiner Normallage offen. Unter bestimmten Bedingungen und wie nachfolgend noch erläutert wird, wird das Schaltventil 30 von einem Pulsstrom mit einem variablen Taktverhältnis betrieben. Zeitgemittelt betrachtet läßt sich der Öffnungsgrad des Schaltventils 30 abhängig vom Taktverhältnis des Treiberpulsstroms ändern. Somit kann der dem Radzylinder 4 zugeführte Bremsdruck kontinuierlich in Abhängigkeit vom Wert des Treiberstroms für das Steuerventil 200 und dem Taktverhältnis für den Pulsstrom für das Schaltventil 30 variiert werden. Genauer gesagt, das elektromagnetische Schaltventil 30 dient zur Steuerung der Differenz ΔP zwischen dem Hauptzylinderdruck PM und dem Radzylinderdruck PW, wobei der Hauptzylinderdruck PM als Ergebnis der vom Hauptzy-

linder 2 und der Pumpe 9 entwickelten Drücke definiert ist und der Radzylinderdruck PW als an dem Radzylinder 4 anliegender und somit als Bremsdruck wirkender Druck definiert ist.

Die Drehgeschwindigkeit des Rades 5 wird von dem dem Rad 5 zugehörigen Geschwindigkeitssensor 6 ermittelt. Der Sensor 6 steht mit der elektronischen Steuereinheit ECU 20 in Verbindung, so daß von dem Sensor 6 ausgegebene Signale der ECU 20 zugeführt werden. Die ECU 20 ermittelt Blockierzustände des Fahrzeugrades 5 auf der Grundlage des Fahrzeugrad-Geschwindigkeitssignals. Die ECU 20 steht mit dem Steuerventil 200, dem Schaltventil 30 und der Pumpe 9 in Verbindung. Weiterhin erzeugt die ECU 20 Treibersignale für das Steuerventil 200, das Schaltventil 30 und die Pumpe 9 abhängig von den erkannten Blockierzuständen des Rades 5. Diese erzeugten Signale werden dann dem Steuerventil 200, dem Schaltventil 30 und der Pumpe 9 zugeführt.

Das zu Fig. 1 gesagte trifft auch auf Fig. 8 zu, das heißt, Fig. 8 zeigt nur ein Fahrzeugrad 5; im Falle eines vierrädrigen Fahrzeuges sind Teile von Fig. 8 für die verbleibenden drei Räder mehrfach vorgesehen, so daß die Bremsdrucksteuerung für jedes der Fahrzeugräder durchgeführt werden kann.

Gemäß Fig. 9 weist das Differenzdruck-Steuerventil 200 im wesentlichen einen Kern 201, eine Platte 203, einen Anker 204 und eine Wicklung 214 auf. Der Anker 204 ist beweglich zwischen der Platte 203 und dem Kern 201 angeordnet. Die Platte 203 weist einen Durchlaß 203a auf, der von der Leitung 11 her versorgt wird. Eine Ventilkugel 205, welche an dem Anker 204 angeordnet ist, ist normalerweise in Anlage mit einem Ventilsitz 211 an einem inneren Mündungsende des Durchlasses 203a, so daß das Steuerventil 200 normalerweise geschlossen ist. Der Kern 201 weist einen Durchlaß 201a auf, der zu der Leitung 12 führt. Wenn die Kugel 205 mit dem Ventilsitz 211 in Anlage ist, ist eine Verbindung zwischen den Durchlässen 203a und 201a unterbrochen. Wenn umgekehrt die Kugel 205 von dem Ventilsitz 211 abhebt, ist eine Verbindung zwischen den Durchlässen 203a und 201a hergestellt. Eine Rückstellfeder 208 drängt den Anker 204 in eine Richtung, in der die Kugel 205 in dem Ventilsitz 211 aufgenommen ist. Wenn die Wicklung 214 mit Energie versorgt wird, wird der Anker 204 in Richtung des Kerns 201 bewegt, so daß die Kugel 205 von dem Ventilsitz 211 abhebt. Im Ergebnis wird das Differenzdruck-Steuerventil 200 geöffnet. Wenn die Erregung der Wicklung 214 unterbrochen wird, kehrt der Anker 204 unter der Kraft der Rückstellfeder 208 in Richtung der Platte 203 zurück, so daß der Ventilsitz 211 die Kugel 205 wieder aufnimmt. Im Ergebnis ist das Steuerventil 200 geschlossen.

Während eines normalen Bremsvorgangs gibt die ECU 20 keinerlei Treibersignale an das Steuerventil 200 und das Schaltventil 30. Somit verbleibt das Schaltventil 30 geöffnet, so daß der Hauptzylinder 2, die Pumpe 9 und der Radzylinder 4 in voller Verbindung miteinander stehen. Hierbei verbleibt das Differenzdruck-Steuerventil 200 in seinem geschlossenen Zustand, so daß die Verbindung zwischen dem Radzylinder 4 und dem Reservoir 8 unterbrochen ist. In diesem Falle wird der Hauptzylinderdruck PM, der bei Niederdrücken des Bremspedals 1 erzeugt wird, dem Radzylinder 4 über die Leitung 10, das Schaltventil 30 und die Leitung 11 ohne irgendwelche Schaltvorgänge in dem Schaltventil 30 zugeführt. Während des normalen Bremsvorganges übt der Radzylinderdruck PW eine Kraft auf den Anker

204 in dem Steuerventil 200 in Richtung eines Trennens des Ventilsitzes 211 und der Kugel 205 aus. Die Kraft der Rückstellfeder 208 ist hierbei so eingestellt, daß die Kugel 205 in Anlage mit dem Ventilsitz 211 bleibt, ungeachtet, wie hoch der Radzylinderdruck in diesem Falle ist. Beispielsweise wird die Kraft der Feder 208 so gewählt, daß die Ventilkugel 205 in Anlage mit dem Ventilsitz 211 verbleibt, wenn der Radzylinderdruck PW auf bis 250 kg/cm² anwächst. Somit ist es während des normalen Bremsvorganges möglich, das Austreten von Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder 4 in Richtung Reservoir 8 über das Steuerventil 200 zu verhindern.

Wenn während des Bremsvorganges der Blockiergrad des Rades 5 anwächst, beginnt die ECU 20 mit einer Antiblockiersteuerung. Während dieser Antiblockiersteuerung arbeitet die ECU 20 derart, daß der Radzylinderdruck PW durch Steuerung des Steuerventils 200 und des Schaltventils 30 eingestellt wird.

Wenn während der Antiblockiersteuerung der Radzylinderdruck PW abnehmen soll oder konstant bleiben soll, erregt die ECU 20 das Schaltventil 30 und schließt somit dieses, so daß die Verbindung zwischen Radzylinder 4 und Hauptzylinder 2 bzw. Pumpe 9 unterbrochen ist. Zusätzlich liefert die ECU 20 einen Impulstreiberstrom an das Steuerventil 200, um den Radzylinderdruck PW einzustellen.

Die Arbeitsweise des Differenzdruck-Steuerventils 200 wird nun unter Bezug auf Fig. 10 näher erläutert. Wenn die Wicklung 214 in dem Steuerventil 200 von der ECU 20 mit einem Treiberstrom versorgt wird, so daß die Wicklung 214 erregt wird, wird eine elektromagnetische Anziehungskraft FE erzeugt, welche in einer Richtung wirkt, in der die Kugel 205 an dem Anker 204 von dem Ventilsitz 211 an der Platte 203 abhebt, wie in Fig. 10 dargestellt. Der Anker 204 unterliegt zwei Kräften FS und FW neben der Anziehungskraft FE, wie ebenfalls in Fig. 10 dargestellt. Die erste Kraft FS wird von der Rückstellfeder 208 in Richtung Bewegung der Kugel 205 auf den Ventilsitz 211 erzeugt. Die zweite Kraft FW wird von dem Radzylinderdruck PW in Richtung Trennen der Kugel 205 vom Ventilsitz 211 erzeugt. Diese zweite Kraft FW ergibt sich als $FW = PW \times S$, wobei S die Fläche des Teils des Ventilsitzes 211 darstellt, der dem Radzylinderdruck PW ausgesetzt ist, wenn die Kugel 205 in Anlage mit dem Ventilsitz 211 ist.

Wenn die Kräfte FE, FS und FW, welche auf den Anker 204 wirken in Balance sind, ergibt sich die Beziehung zwischen diesen Kräften wie folgt:

$$FW + FE = FS \quad (3)$$

Unter Bezug auf Gleichung (3) und die Beziehung zwischen der Kraft FW und dem Radzylinderdruck PW ergibt sich der Radzylinderdruck PW durch die folgende Gleichung:

$$PW = (FS - FE)/S \quad (4)$$

Da die Federkraft FS und die Ventilsitzfläche S konstant sind, ergibt sich aus Gleichung (4), daß der Radzylinderdruck PW abhängig von der elektromagnetischen Anziehungskraft FE kontinuierlich variiert werden kann, wie aus Fig. 11 hervorgeht. Die elektromagnetische Anziehungskraft FE ist proportional zu dem Treiberstrom, der der Wicklung 214 zugeführt wird. Somit kann der Radzylinderdruck PW kontinuierlich durch Steuerung des Treiberstroms der Wicklung 214 eingestellt werden.

Das Differenzdruck-Steuerventil 200 wirkt somit so, daß die Differenz zwischen dem Radzylinderdruck PW und dem Druck innerhalb des Reservoirs 8 eingestellt wird. Da der Druck innerhalb des Reservoirs 8 annähernd Null ist, wirkt das Steuerventil 200 im wesentlichen so, daß der Absolutwert des Radzylinderdruckes PW eingestellt wird.

Nachfolgend wird das Absenken des Bremsendruckes während der Antiblockiersteuerung näher erläutert. Es sei angenommen, daß der Radzylinderdruck PW gleich einem Wert PW1 ist, wenn der Treiberstrom an der Wicklung 214 des Steuerventils 200 einen Wert IE1 annimmt und so die elektromagnetische Anziehungskraft FE gleich dem Wert FE1 wird, wie in Fig. 11 dargestellt. Nachfolgend sei der Fall betrachtet, in dem der Treiberstrom vom Wert IE1 zu einem Wert IE2 angehoben wird, so daß die elektromagnetische Anziehungskraft FE von einem Wert FE1 auf einem Wert FE2 zu einem Zeitpunkt t0 ansteigt, wie in Fig. 12 dargestellt. Das Anheben des Treiberstroms bringt die Kräfte FE, FS und FW, welche auf den Anker 204 wirken außer Gleichgewicht, so daß die sich ergebende resultierende Kraft in den Anker 204 von dem Ventilsitz 211 wegbewegt. Im Ergebnis trennt sich die Kugel 205 von ihrem Ventilsitz 211 und das Differenzdruck-Steuerventil 200 ist geöffnet. Somit kann Bremsflüssigkeit vom Radzylinder 4 in Richtung Reservoir über das Steuerventil 200 austreten, so daß der Radzylinderdruck PW abnimmt, wie in Fig. 12 dargestellt. Mit Absinken des Radzylinderdruckes PW wird die zugehörige Kraft FW geringer. Wenn der Radzylinderdruck PW einen Wert PW2 entsprechend der elektromagnetischen Anziehungskraft FE2 erreicht (Fig. 11), sind die Kräfte FE, FS und FW, welche auf den Anker 204 wirken wieder im Gleichgewicht und die Ventilkugel 205 wird wieder in Anlage mit dem Ventilsitz 211 bewegt. Das Steuerventil 200 schließt somit und der Radzylinderdruck PW wird auf dem Wert PW2 gehalten.

Die Federkonstante der Rückstellfeder 208 wird so gewählt, daß sie größer ist als die Variationsbreite der elektromagnetischen Anziehungskraft FE bezüglich des Hubs des Ankers 204. Wenn somit der Radzylinderdruck PW sich in Richtung des Wertes PW2 entsprechend der Anziehungskraft FE2 bewegt, bewegt sich die Kugel 205 in Richtung des Ventilsitzes 211 mit einer geringeren Rate, je näher der Radzylinderdruck PW am Wert PW2 ist. Im Ergebnis wird der Öffnungsgrad des Drucksteuerventils 200, der durch den Abstand zwischen Kugel 205 und Ventilsitz 211 bestimmt ist graduell verringert und der Radzylinderdruck PW nimmt sanft ab, wie in Fig. 12 dargestellt.

Wie erwähnt, ist es der ECU 20 möglich, ein sanftes Absenken des Radzylinderdruckes PW durch Erhöhen des Treiberstromes IE an das Steuerventil 200 zu bewirken, während das Schaltventil 30 mit Energie versorgt wird. Der Grad oder die Größe dieses Absenkens des Radzylinderdruckes PW kann durch Steuern des Treiberstroms IE an das Steuerventil 200 beliebig fein oder grob eingestellt werden.

Wenn es während der Antiblockiersteuerung nötig ist, den Radzylinderdruck PW konstant zu halten, versorgt die ECU 20 das Schaltventil 30 und hält den Treiberstrom IE an das Steuerventil 200 konstant.

Nachfolgend wird ein geringes Anheben des Radzylinderdruckes PW während der Durchführung der Antiblockiersteuerung näher erläutert. Wenn während der Antiblockiersteuerung ein geringes Anheben des Radzylinderdruckes PW nötig ist, verringert die ECU 20 den

Treiberstrom IE an das Differenzdruck-Steuerventil 200 und liefert einen gepulsten Treiberstrom an das Schaltventil 30. Die weitere Erläuterung erfolgt nun unter Bezug auf Fig. 13. Es sei nun angenommen, daß der Treiberstrom IE an das Steuerventil 200 fest bleibt und weiterhin der Radzylinderdruck PW konstant bleibt bis zu einem Moment t_0 in Fig. 13. Während eines Intervalls zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_1 erhöht die ECU 20 den Treiberstrom IE für das Steuerventil 200, so daß der Radzylinderdruck PW sanft abfällt, wie aus Fig. 13 hervorgeht. In dem Fall, in der der Radzylinderdruck PW um einen Druck PA zu Moment t_1 angehoben werden soll, verringert die ECU 20 den Treiberstrom IE an das Steuerventil 200 um einen Wert ΔIEA entsprechend dem Druck PA und schaltet das Schaltventil 30 ab. Gemäß Fig. 13 liefert die ECU 20 in einem Intervall zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_3 einen negativen Impuls des Treiberstroms an das Schaltventil 30, so daß der abgeschaltete Zustand des Schaltventils 30 aufrechterhalten bleibt und so das Schaltventil 30 offen bleibt. Die Bremsflüssigkeit strömt somit über das Schaltventil 30 in den Radzylinder 4 und der Radzylinderdruck PW steigt an. Zu einem Zeitpunkt t_2 zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_3 steigt der Radzylinderdruck PW auf einen Wert PWA der höher ist als der vorhergehende Minimalwert, nämlich um den Druck PA höher und das Anheben des Radzylinderdrucks PW ist abgeschlossen. Zum Zeitpunkt t_3 beginnt die ECU 20 mit der Zufuhr eines positiven Impulses des Treiberstroms an das Schaltventil 30. Während des Intervalls zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 , während die Bremsflüssigkeit über das Schaltventil 30 in den Radzylinder 4 fließt und somit der Radzylinderdruck PW weiter ansteigt, wird das Steuerventil 200 geöffnet und die Bremsflüssigkeit tritt vom Radzylinder 4 über das Steuerventil 200 in das Reservoir 8 aus. Im Ergebnis wird ein weiteres Ansteigen des Radzylinderdrucks PW verhindert und der Radzylinderdruck PW wird auf dem Wert PWA gehalten. Mit anderen Worten, während des Intervalls zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 wird das Austreten der Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder 4 über das Steuerventil 200 in das Reservoir 8 und die Zufuhr von Bremsflüssigkeit über das Schaltventil 30 in den Radzylinder 4 gleichzeitig durchgeführt. Da der Bremsflüssigkeitsstrom, der aus der gleichzeitigen Zufuhr in den Radzylinder und dem Austritt von Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder 4 auftritt, praktisch wirkungslos für eine Veränderung des Radzylinderdrucks PW ist, sollte das Intervall zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 kurz sein. Genauer gesagt, vorzugsweise ist eine Breite D (Fig. 13) eines negativen Pulses des Treiberstroms für das Schaltventil 30 oder die Zeitdauer der Nicht-Energieversorgung des Schaltventils 30 etwas länger als das Intervall zwischen den Momenten t_1 und t_2 , also dem Intervall, das verstreicht, um den Radzylinderdruck PW um den Wert PA anzuheben.

Wenn während der Antiblockiersteuerung ein rasches und hohes Anwachsen des Radzylinderdrucks PW nötig ist, senkt die ECU 20 den Treiberstrom IE für das Steuerventil 200 stark ab und führt einen Pulstreiberstrom an das Schaltventil 30. Hierbei wird die Pulsbreite des Treiberstroms für das Schaltventil 30 relativ groß gesetzt.

Die Fig. 14 bis 17 zeigen eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 14 ist ähnlich derjenigen von den Fig. 1 bis 7 mit Ausnahme der nachfolgenden Änderungen: die Ausführungsform von Fig. 14

verwendet ein stromabwärtiges Druckeinstellventil 300 des elektromagnetischen Typs anstelle des Steuerventils 100 von Fig. 1.

Gemäß Fig. 15 weist das Einstellventil 300 ein Gehäuse mit einem ersten Ende 320 und einem zweiten Ende 321 auf. Das erste Ende 320 des Gehäuses weist einen Durchlaß 320a auf, der mit der Leitung 10 (Fig. 14) in Verbindung steht. Das zweite Ende 321 des Gehäuses weist einen Durchlaß 321a auf, der mit der Leitung 11 (Fig. 14) in Verbindung steht. Wie noch erläutert werden wird, können die Durchlässe 320a und 321a wahlweise miteinander in Verbindung gebracht oder voneinander getrennt werden. An dem ersten Ende 320 des Gehäuses ist ein Zapfen oder eine Spule 309 gleitbeweglich angeordnet. Ein Ende der Spule 309 steht mit einer Ventilkugel 305 in Anlage, welche an einem Anker 304 ausgebildet ist. Das andere Ende der Spule 309 ist mit einer Feder 308 in Anlage, so daß die Spule 309 von der Feder 308 vorgespannt ist. Das erste Ende 320 des Gehäuses weist eine Kammer 320b zur Aufnahme der Feder 308 auf. Die Kammer 320b öffnet sich über einen Durchlaß 320c zur Atmosphärenseite hin, so daß in der Kammer 320b Atmosphärendruck herrscht. Der Anker 304 nimmt die Kraft der Feder 308 über die Spule 309 und die Ventilkugel 305 auf. Das stromabwärtige Druckeinstellventil 300 weist weiterhin einen Ventilsitz 311 auf, der an einer inneren Mündung des Durchlasses 320a ausgebildet ist. Abhängig von einer Bewegung des Ankers 304 ist die Kugel 305 in Anlage mit dem Ventilsitz 311 bringbar bzw. von diesem abhebbar. Wenn die Kugel 305 mit dem Ventilsitz 311 in Anlage ist, ist eine Verbindung zwischen den Durchlässen 320a und 321a unterbrochen, so daß das Einstellventil 300 insgesamt geschlossen ist. Wenn die Kugel 305 von dem Ventilsitz 311 abhebt, ist eine Verbindung zwischen den Durchlässen 320a und 321a hergestellt und das Druckeinstellventil 300 ist offen. Hierbei wird der Anker 304 von der Feder 308 in Richtung Ventil-offen vorgespannt, also in einer Richtung, in der die Kugel 305 von dem Ventilsitz 311 getrennt ist, so daß das Druckeinstellventil 300 für gewöhnlich offen ist. Der Anker 304 wird durch Erregen und Abschalten einer Wicklung 314 bewegt. Die Spule 309 weist einen Teil größeren Durchmessers und einen Teil kleineren Durchmessers auf. Gemäß Fig. 16 ist der Flächenquerschnitt S1 des Teils größeren Durchmessers der Spule 309 gleich einem Ventilsitzquerschnittsbereich S2 gesetzt, der dann auftritt, wenn die Kugel 305 in Anlage mit dem Ventilsitz 311 ist.

Wenn es während einer Antiblockiersteuerung nötig ist, den Radzylinderdruck PW anzuheben, schaltet die ECU 20 das Schaltventil 7 ab und liefert einen Treiberstrom an das stromabwärtige Druckeinstellventil 300 (Fig. 14). In diesem Fall hängt das Anwachsen des Radzylinderdrucks PW vom Wert des Treiberstroms an das Einstellventil 300 ab.

Unter Bezug auf Fig. 16 erfolgt nun eine genauere Beschreibung der Arbeitsweise des stromabwärtigen Druckeinstellventils 300. Wenn die Wicklung 314 in dem Einstellventil 300 von der ECU 20 mit einem Treiberstrom versorgt wird, so daß die Wicklung 314 erregt wird, wird eine elektromagnetische Anziehungskraft FE in Richtung einer Bewegung der Ventilkugel 305 auf den Ventilsitz 311 zu erzeugt, wie in Fig. 16 dargestellt. Hierbei unterliegt der Anker 304 drei Kräften FS, FM und FW neben der elektromagnetischen Anziehungskraft FE, wie ebenfalls in Fig. 16 dargestellt. Die erste Kraft FS wird von der Rückstellfeder 308 in Richtung einer Trennung der Kugel 305 von Ventilsitz 311 er-

zeugt. Die zweite Kraft FM wird von einem Hauptzylinderdruck PM in einer Richtung des Trennens der Ventilkugel 305 vom Ventilsitz 311 erzeugt. Diese zweite Kraft FM ergibt sich als $FM = PM \times S$, wobei S die Oberfläche des Teils des Ventilsitzes 311 ist, der dem Hauptzylinderdruck PM ausgesetzt ist, wenn die Kugel 305 in dem Ventilsitz 311 liegt. Die dritte Kraft FW wird von dem Radzylinderdruck PW in Richtung einer Bewegung der Kugel 305 auf den Ventilsitz 311 zu erzeugt. Diese dritte Kraft FW ist als $FW = PW \times S$ gegeben. Da die Spule 309 eine Kraft FM aufnimmt, welche von dem Hauptzylinderdruck PM erzeugt wird und welche in einer Richtung entgegengesetzt der Kraft FS wirkt, wird eine resultierende Kraft gleich der Federkraft FS minus der Hauptzylinderkraft FM von der Spule 309 dem Anker 304 übertragen. Mit anderen Worten, der Anker 304 empfängt die resultierende Kraft $FS - FM$ anstelle der reinen Federkraft FS.

Wenn die auf den Anker 304 wirkenden Kräfte FE, $FS - FM$, FM und FW in einem Gleichgewicht sind, ergibt sich die Beziehung zwischen diesen Kräften aus der nachfolgenden Gleichung:

$$FM + (FS - FM) = FW + FE \quad (5)$$

Die Gleichung (5) läßt sich in die nachfolgende Gleichung umsetzen:

$$FS = FW + FE \quad (6)$$

Unter Bezug auf die Gleichung (6) und die Beziehung zwischen der Kraft FW und dem Radzylinderdruck PW läßt sich der Radzylinderdruck durch die folgende Gleichung ausdrücken:

$$PW = (FS - FE) / S \quad (7)$$

Somit ist der Radzylinderdruck PW unabhängig vom Hauptzylinderdruck PM. Da die Federkraft FS und die Ventilsitzfläche S konstant sind, ergibt sich aus Gleichung (7), daß der Radzylinderdruck PW abhängig von der elektromagnetischen Anziehungskraft FE kontinuierlich variiert werden kann, wie in Fig. 17 dargestellt. Die elektromagnetische Anziehungskraft FE wiederum ist proportional zu dem Treiberstrom der Wicklung 314. Insgesamt kann somit der Radzylinderdruck PW durch Steuerung des Treiberstroms für die Wicklung 314 kontinuierlich eingestellt werden.

Wenn während der Antiblockiersteuerung der Radzylinderdruck PW abnehmen soll oder konstant bleiben soll, steuert die ECU 20 das stromabwärtige Druckeinstellventil 300 und das Schaltventil 7 in einer Art und Weise ähnlich der Steuerung des Steuerventils 100 und des Schaltventils 7 in der Ausführungsform gemäß den Fig. 1 bis 7.

Fig. 18 zeigt eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche der Ausführungsform gemäß den Fig. 1 bis 7 weitestgehend ähnlich ist mit Ausnahme der folgenden Änderung: Die Ausführungsform gemäß Fig. 18 verwendet anstelle des Differenzdruck-Steuerventils 100 gemäß Fig. 1 das elektromagnetische Schaltventil 30. Das Schaltventil 30 ist vom Normal-offen-Typ und weist einen Aufbau ähnlich dem Schaltventil 30 in der Ausführungsform gemäß den Fig. 8 bis 13 auf.

Wenn während einer Antiblockiersteuerung ein Anheben des Radzylinderdrucks PW nötig ist, schaltet die ECU 20 das elektromagnetische Schaltventil 7 und das elektromagnetische Schaltventil 30 (Fig. 18) ab, so daß

das Schaltventil 7 geschlossen und das Schaltventil 30 offen ist. Wenn der Radzylinderdruck PW konstant bleiben soll, versorgt die ECU 20 das Schaltventil 30 mit Energie und schaltet das Schaltventil 7 ab, so daß beide Schaltventile 30 und 7 geschlossen sind. Wenn ein normales Abnehmen des Radzylinderdrucks PW nötig ist, wird von der ECU 20 sowohl das Schaltventil 30 als auch das Schaltventil 7 mit Energie versorgt, so daß das Schaltventil 30 schließt und das Schaltventil 7 offen ist.

Wenn während der Antiblockiersteuerung geringe Änderungen des Radzylinderdrucks PW nötig sind, schaltet die ECU 20 das Ventil 30 für ein erstes kurzes Intervall ab und versorgt das Ventil 7 für ein zweites kurzes Zeitintervall. Im Ergebnis ist das Ventil 30 für das erste kurze Intervall offen und das Ventil 7 für das zweite kurze Intervall ebenfalls offen. Somit sind während eines dritten kurzen Zeitintervalls entsprechend einer Überlappung aus erstem und zweitem Intervall beide Ventile 30 und 7 offen, so daß die Bremsflüssigkeit, die dem Radzylinder 4 über das Ventil 30 zugeführt wird gleichzeitig über das Schaltventil 7 aus dem Radzylinder 4 wieder abgeführt wird. Genauer gesagt, das erste kurze Intervall und das zweite kurze Intervall werden voneinander unabhängig gesetzt in Antwort oder abhängig von dem Rad oder der Größe der benötigten Änderung in dem Radzylinderdruck PW, so daß der momentane Radzylinderdruck PW abhängig von der benötigten Variation im Radzylinderdruck PW variiert werden kann. Wenn beispielsweise das erste kurze Intervall 3 ms ist und das zweite kurze Intervall 4 ms ist, wird der Radzylinderdruck PW um einen Wert entsprechend von 1 ms verringert. Auf diese Art und Weise sind kleine Änderungen im Radzylinderdruck PW möglich.

Eine fünfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ähnlich der Ausführungsform gemäß den Fig. 1 bis 7 mit Ausnahme der folgenden Änderung: Bei der fünften Ausführungsform wird ein Treibersignal von der ECU 20 dem Differenzdruck-Steuerventil 100 als Pulssignal mit einem Taktverhältnis t/T zugeführt, wie in Fig. 19 dargestellt. Hierbei wird beispielsweise die Periode T im Bereich von 1 ms bis 100 ms gewählt.

Die Beschreibung der vorliegenden Erfindung erfolgt anhand von fünf Ausführungsbeispielen unter Bezug auf die Anwendung in einem Antiblockier- oder Antirutschsteuersystem. Andere Anwendungsmöglichkeiten liegen im Rahmen des fachmännischen Handelns, beispielsweise die Anwendung bei Antiblockier-Steuervorrichtungen des offenen Schleifentyps, Traktionssteuern, Bremskraft-Verteilvorrichtungen, Antischlupfregelungen und dergleichen.

Patentansprüche

1. Bremsdruck-Steuervorrichtung für Kraftfahrzeuge mit:

Einrichtungen zur Erkennung eines Fahrzustandes des Kraftfahrzeuges;
einem Radzylinder; und
Einrichtungen zur Steuerung eines Bremsdruckes in dem Radzylinder abhängig von dem erkannten Fahrzustand des Kraftfahrzeuges,
gekennzeichnet durch:

eine hydraulische Druckquelle;
ein erstes Ventil zwischen der hydraulischen Druckquelle und dem Radzylinder zum Ermöglichen und Sperren einer Zufuhr von Bremsflüssigkeit zu dem Radzylinder von der hydraulischen Druckquelle;

ein Reservoir;
 ein zweites Ventil zwischen dem Radzylinder und dem Reservoir zum Ermöglichen und Sperren eines Austretens der Bremsflüssigkeit von dem Radzylinder in Richtung Reservoir; und
 Steuereinrichtungen zur Ausgabe von Steuersignalen an die ersten und zweiten Ventile, um den Bremsdruck in dem Radzylinder abhängig von dem erkannten Fahrzustand des Kraftfahrzeuges zu steuern, wobei
 die Steuervorrichtungen Entscheidungsvorrichtungen aufweisen zur Entscheidung, ob eine geringe Variation des Bremsdruckes in dem Radzylinder auf der Grundlage des erkannten Fahrzustandes des Kraftfahrzeuges durchgeführt werden soll oder nicht und weiterhin Ausgabeeinrichtungen aufweisen, um, wenn die Entscheidungseinrichtungen entscheiden, daß geringe Variationen des Bremsdruckes in dem Radzylinder durchgeführt werden sollen, gleichzeitig die Steuersignale an die ersten und zweiten Ventile auszugeben, um gleichzeitig die Zufuhr von Bremsflüssigkeit zu dem Radzylinder und das Austreten der Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder durchzuführen.
 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eines aus den ersten und zweiten Ventilen ein proportionales elektromagnetisches Ventil ist, um den Bremsdruck in dem Radzylinder abhängig von einem Stromwert des zugehörigen Steuersignals kontinuierlich zu variieren.
 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das proportionale elektromagnetische Ventil ein Differenzdruck-Steuerventil umfaßt, um kontinuierlich eine Differenz zwischen einem Bremsdruck an einer Eingangsseite und einem Bremsdruck an einer Ausgangsseite zu variieren.
 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Differenzdruck-Steuerventil seinerseits aufweist:
 ein Gehäuse;
 einen Ventilsitz, der sich in das Gehäuse erstreckt;
 ein Ventilteil, welches in Zusammenwirkung mit dem Ventilsitz angeordnet ist, um eine Verbindung zwischen einer Eingangsseite und einer Ausgangsseite zu blockieren, wenn es in dem Ventilsitz angeordnet ist;
 eine Feder zum Vorspannen des Ventilteils in eine Richtung auf den Ventilsitz zu, und
 Vorrichtungen zur Erzeugung einer elektromagnetischen Kraft auf das Ventilteil zum Bewegen des Ventilteils in eine Richtung entgegengesetzt der Vorspannrichtung des Ventilteils durch die Feder, wobei
 eine Federkonstante der Feder größer ist als eine Variationsrate der elektromagnetischen Kraft bezüglich einer Versetzung eines Ventilteils.
 5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eines der ersten und zweiten Ventile ein proportionales elektromagnetisches Ventil umfaßt um kontinuierlich den Bremsdruck in dem Radzylinder abhängig von einem Stromwert des zugehörigen Steuerventils zu variieren und das andere der ersten und zweiten Ventile ein Schaltventil ist, welches zwischen einer geschlossenen und einer offenen Position schaltbar ist.
 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtungen Einrichtungen aufweisen, um den Stromwert für das Steuersi-

gnal für das proportionale elektromagnetische Ventil zu variieren und gleichzeitig das Schaltventil gepulst zu betreiben, um geringfügige Änderungen im Bremsdruck in dem Radzylinder durchzuführen.
 7. Bremsdruck-Steuervorrichtung für Kraftfahrzeuge mit:
 Einrichtungen zur Erkennung eines Fahrzustandes des Kraftfahrzeuges;
 einem Radzylinder;
 und Einrichtungen zur Steuerung eines Bremsdruckes in dem Radzylinder abhängig von dem erkannten Fahrzustand des Kraftfahrzeuges, gekennzeichnet durch:
 eine hydraulische Druckquelle;
 ein erstes Ventil zwischen der hydraulischen Druckquelle und dem Radzylinder zum Einstellen der Zufuhr von Bremsflüssigkeit zu dem Radzylinder von der hydraulischen Druckquelle;
 ein Reservoir;
 ein zweites Ventil zwischen dem Radzylinder und dem Reservoir zum Einstellen des Austretens der Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder in Richtung Reservoir; und
 Steuereinrichtungen zur Ausgabe von Steuersignalen an die ersten und zweiten Ventile, um den Bremsdruck in dem Radzylinder abhängig von dem erkannten Fahrzustand des Kraftfahrzeuges zu steuern, wobei
 eines der ersten und zweiten Ventile ein proportionales elektromagnetisches Ventil umfaßt um kontinuierlich den Bremsdruck in dem Radzylinder abhängig von einem Stromwert des zugehörigen Steuersignals zu variieren, so daß sowohl die Anhebe- als auch die Absenkquantität des Bremsdruckes in dem Radzylinder kontinuierlich variierbar ist.

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

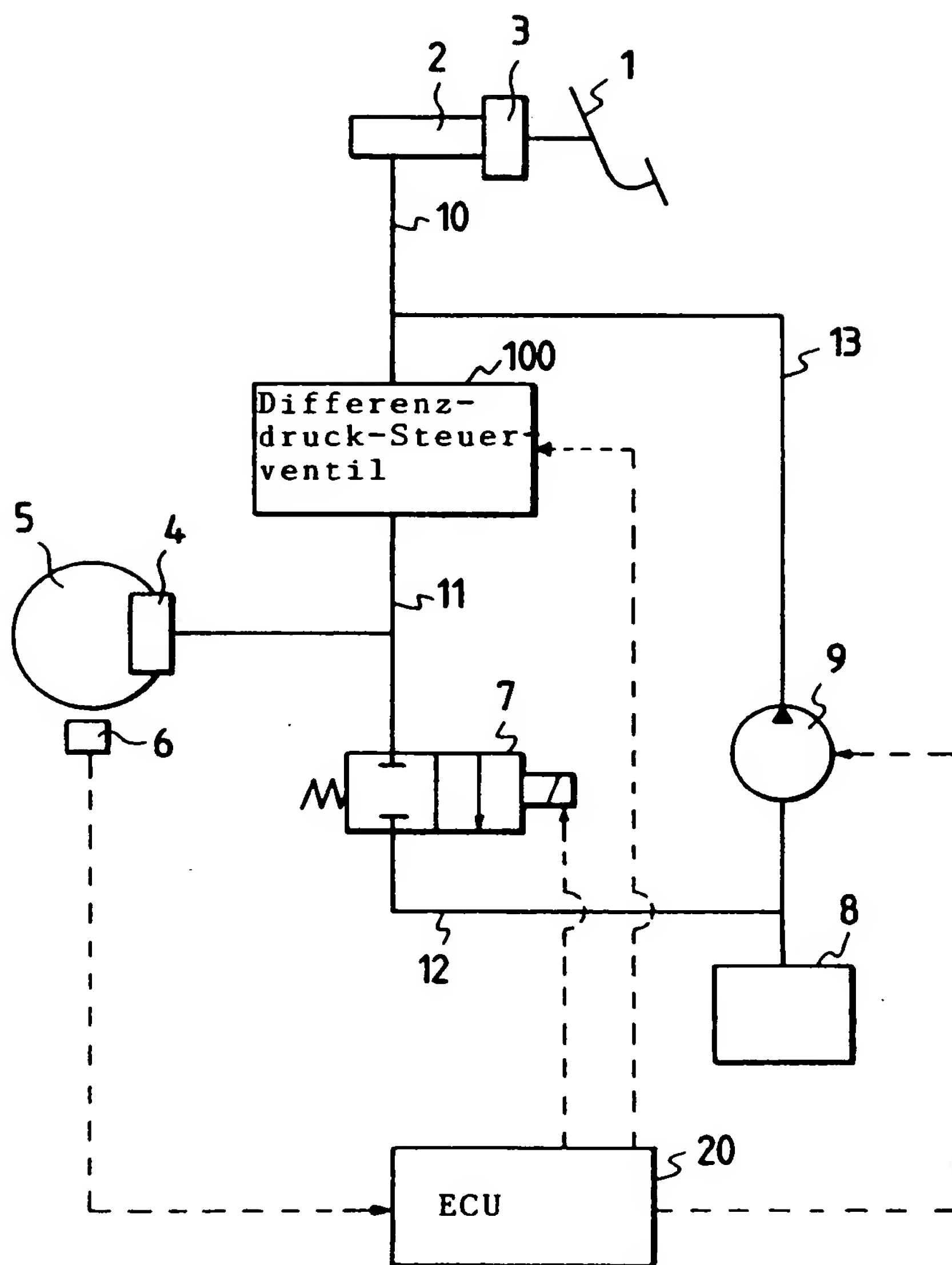


FIG. 3

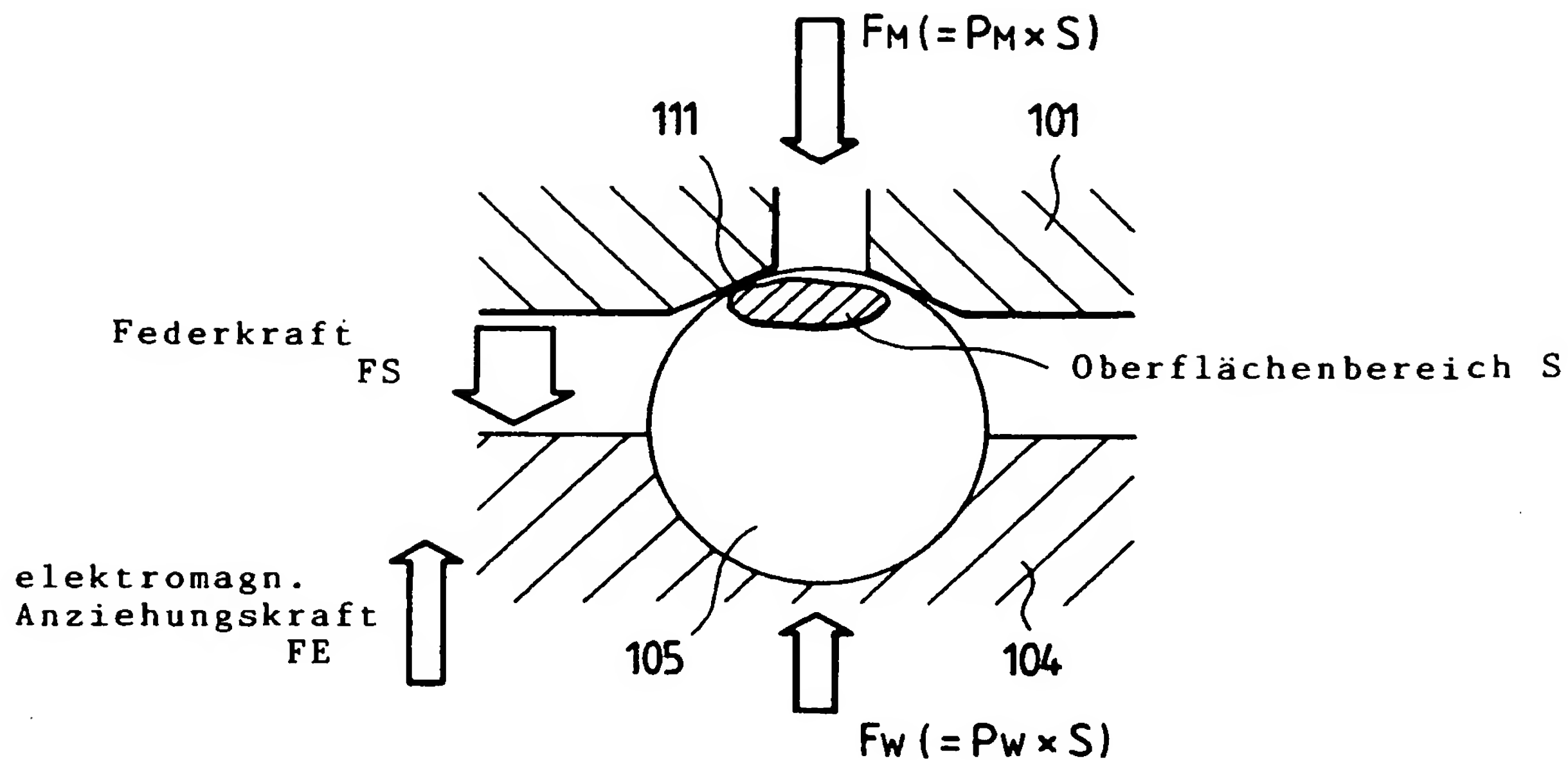


FIG. 19

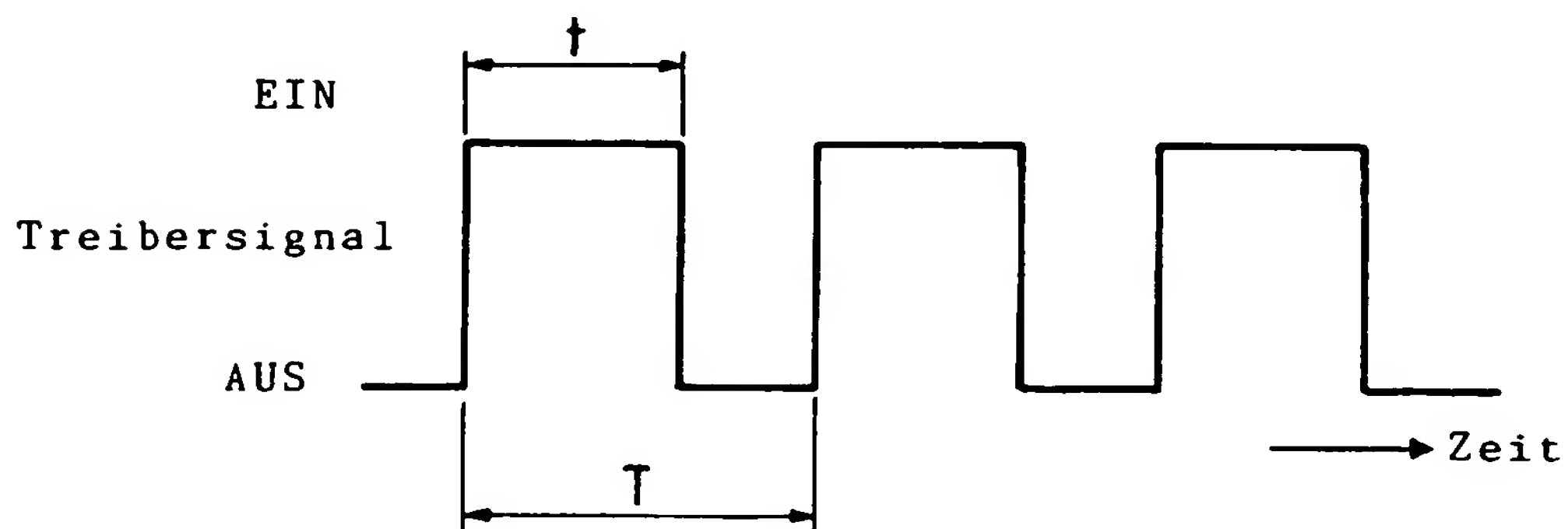


FIG. 4

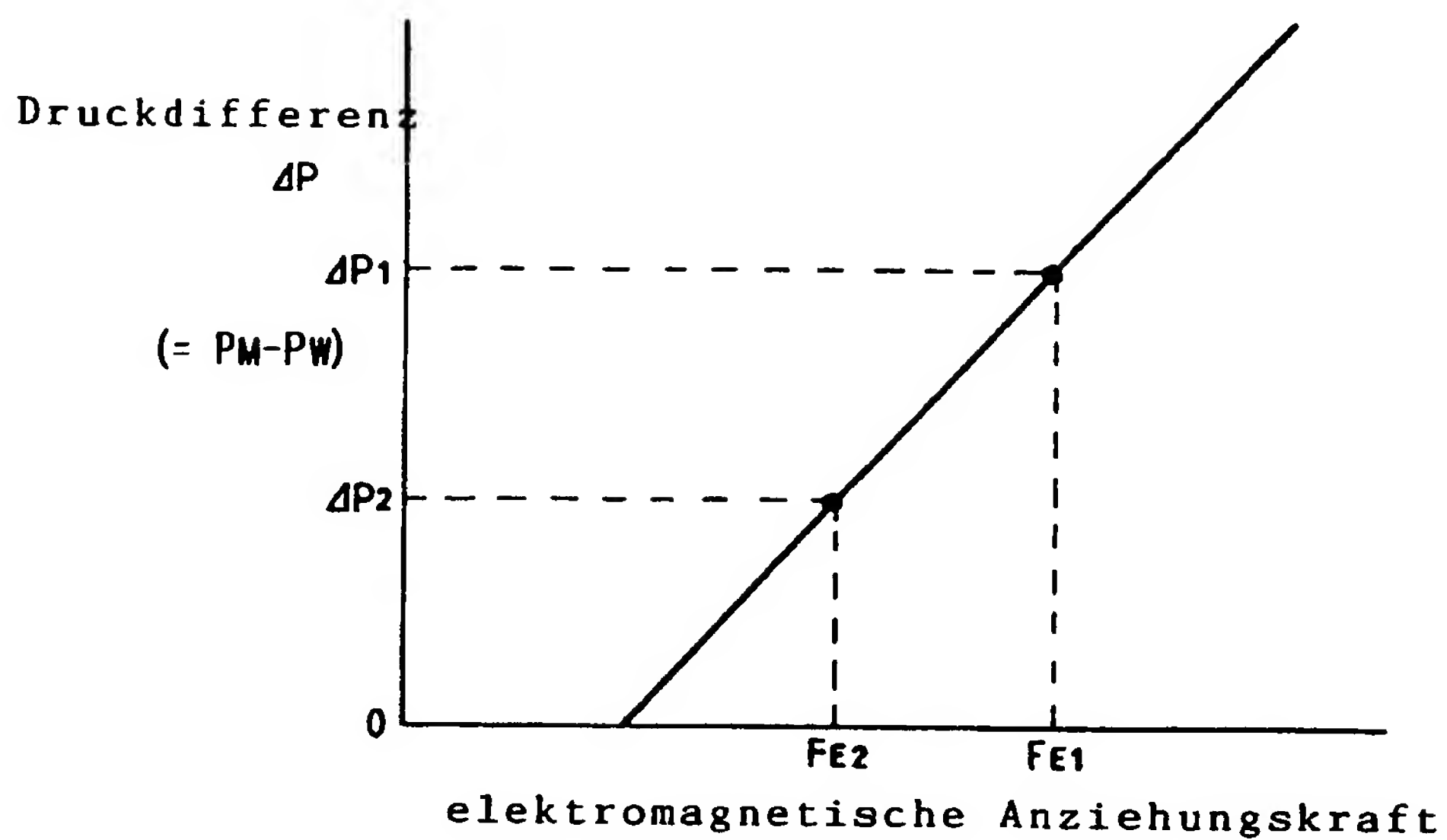


FIG. 5

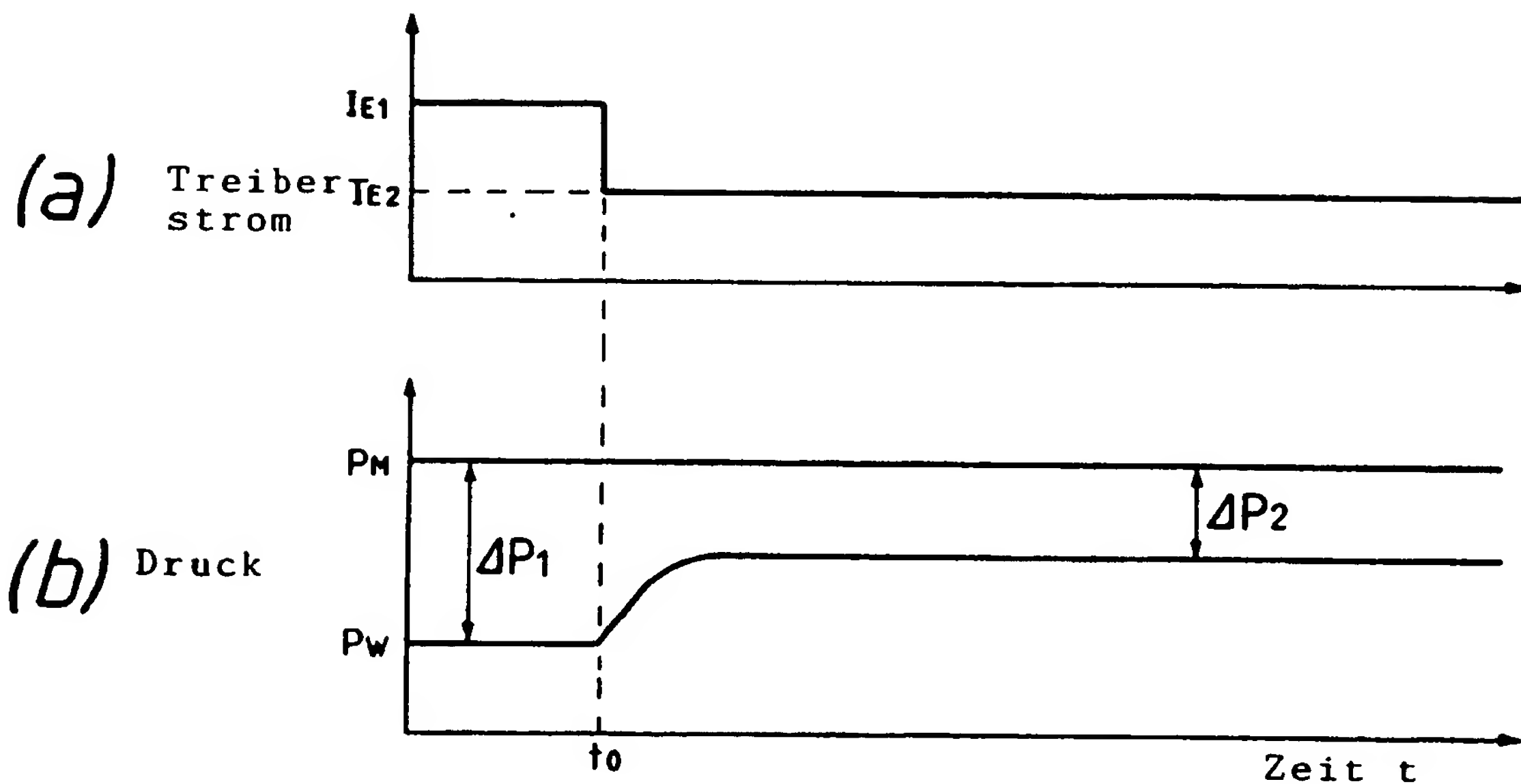


FIG. 6

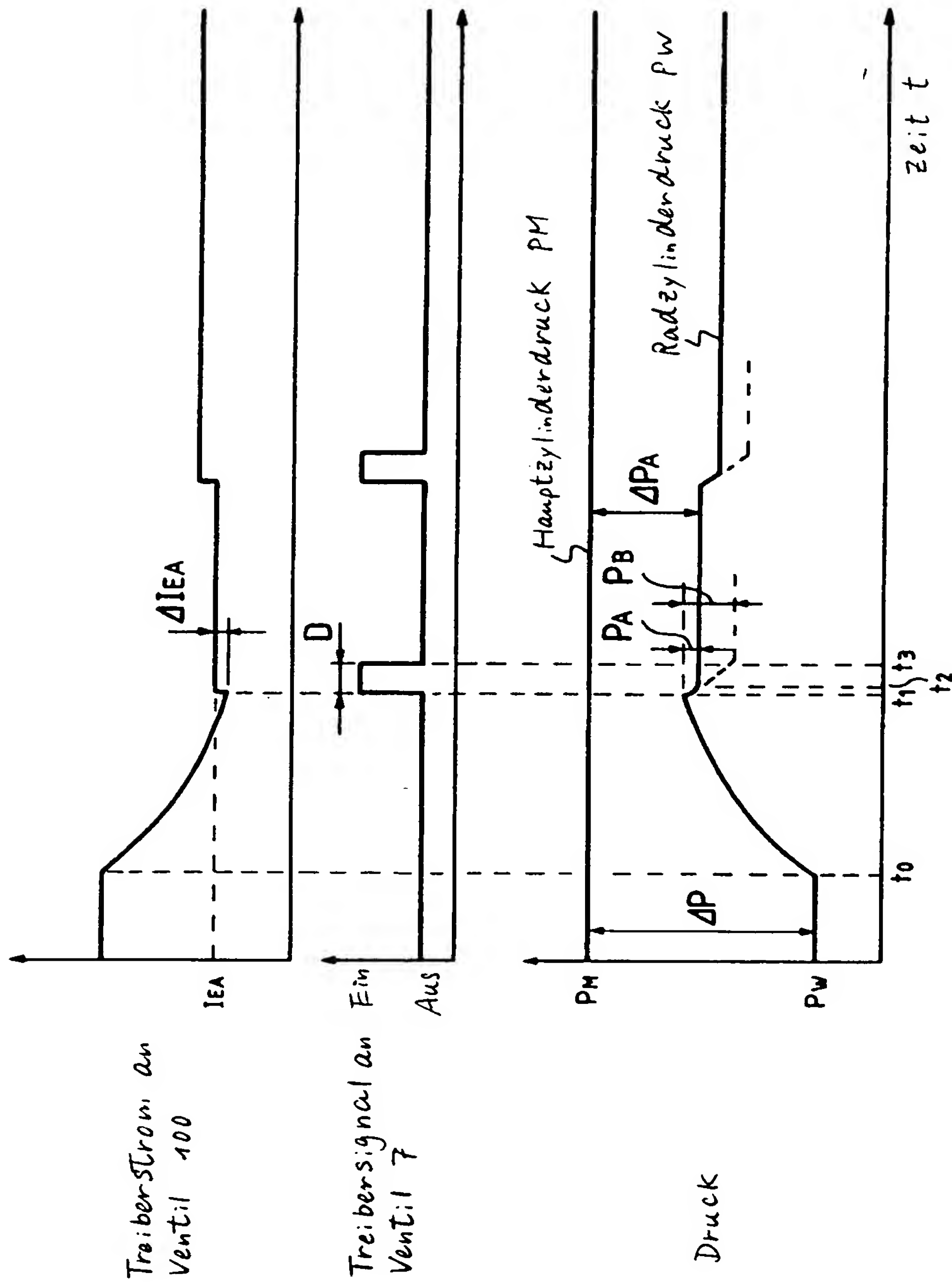


FIG. 7

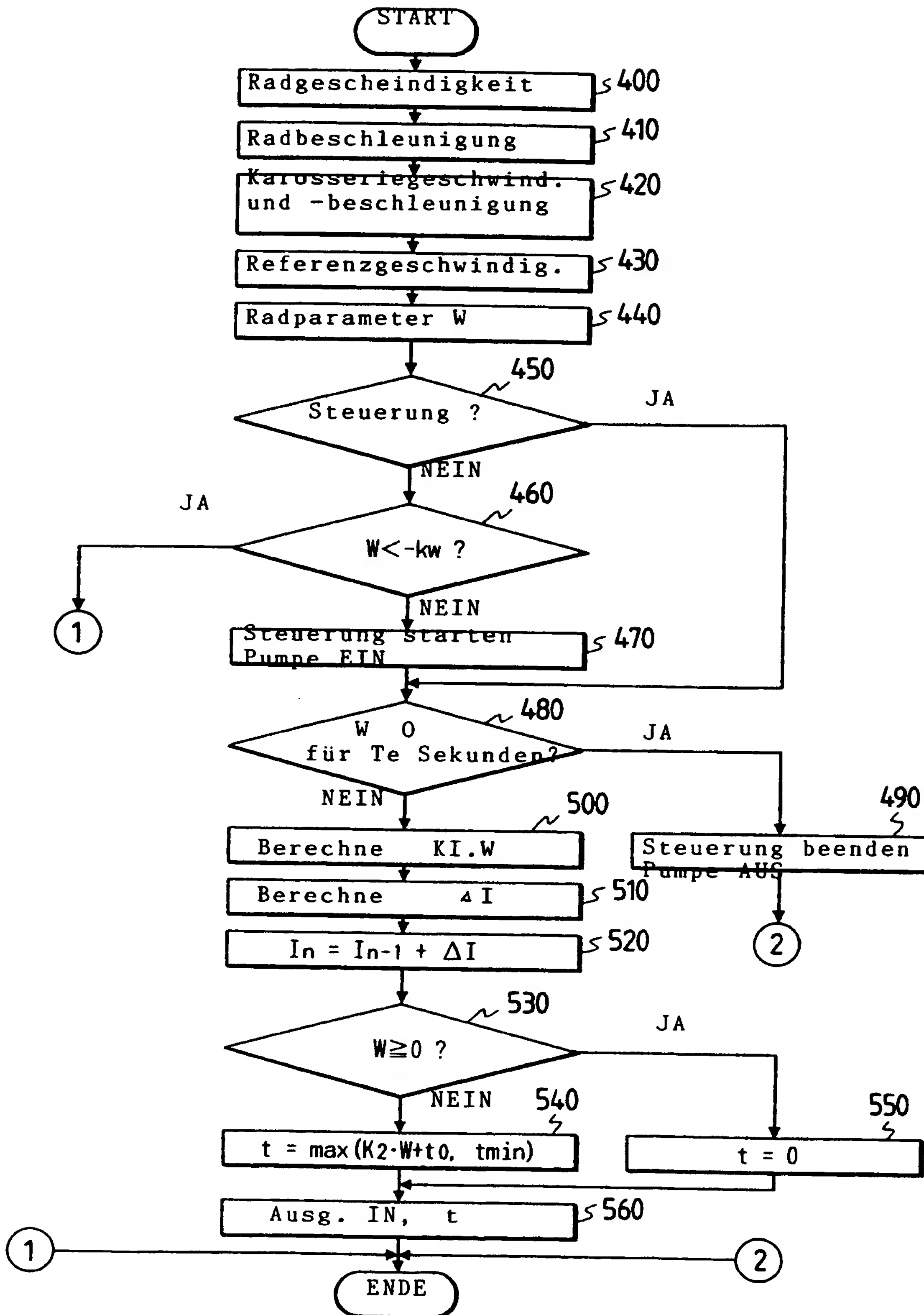


FIG. 8

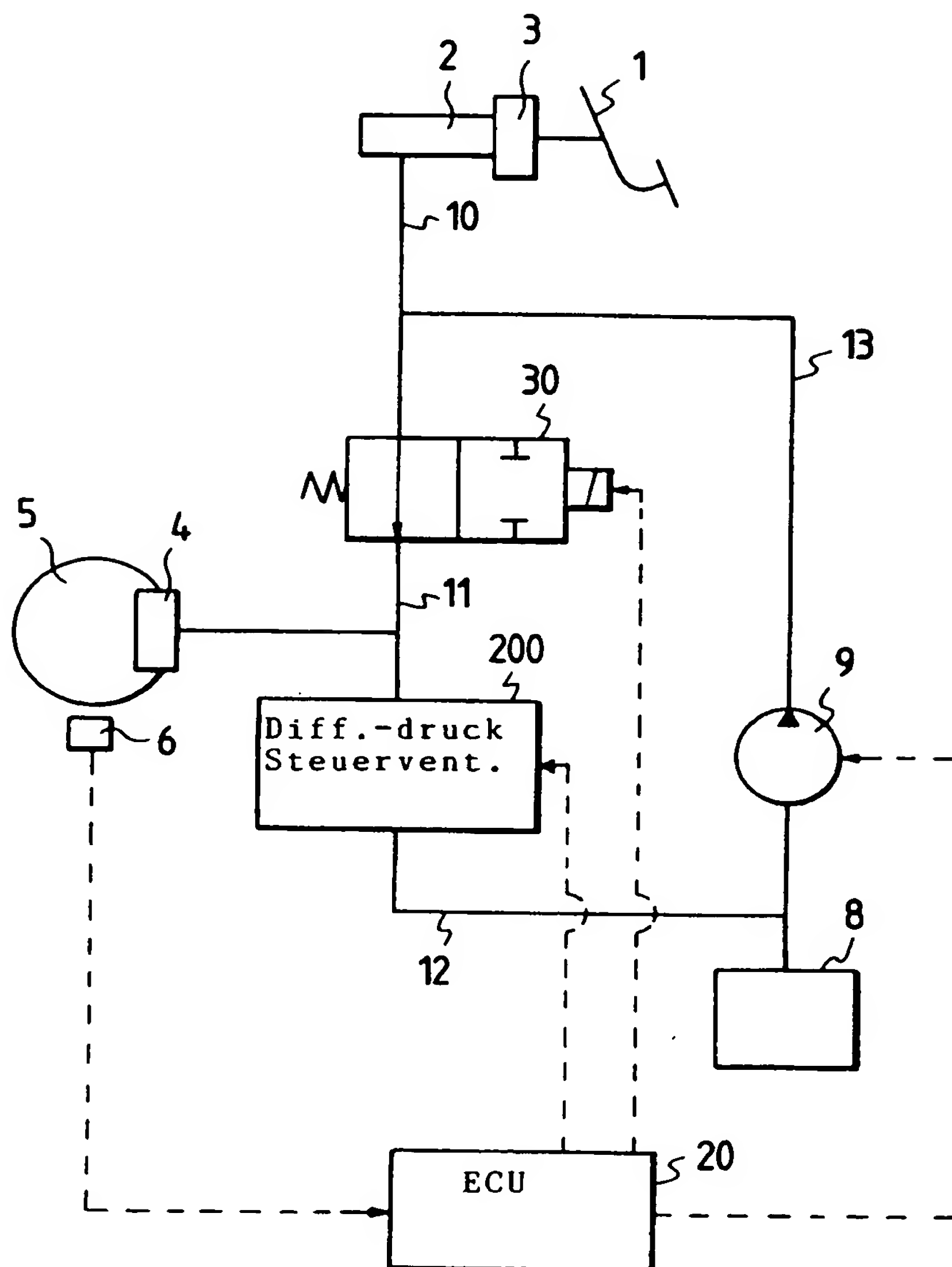


FIG. 9

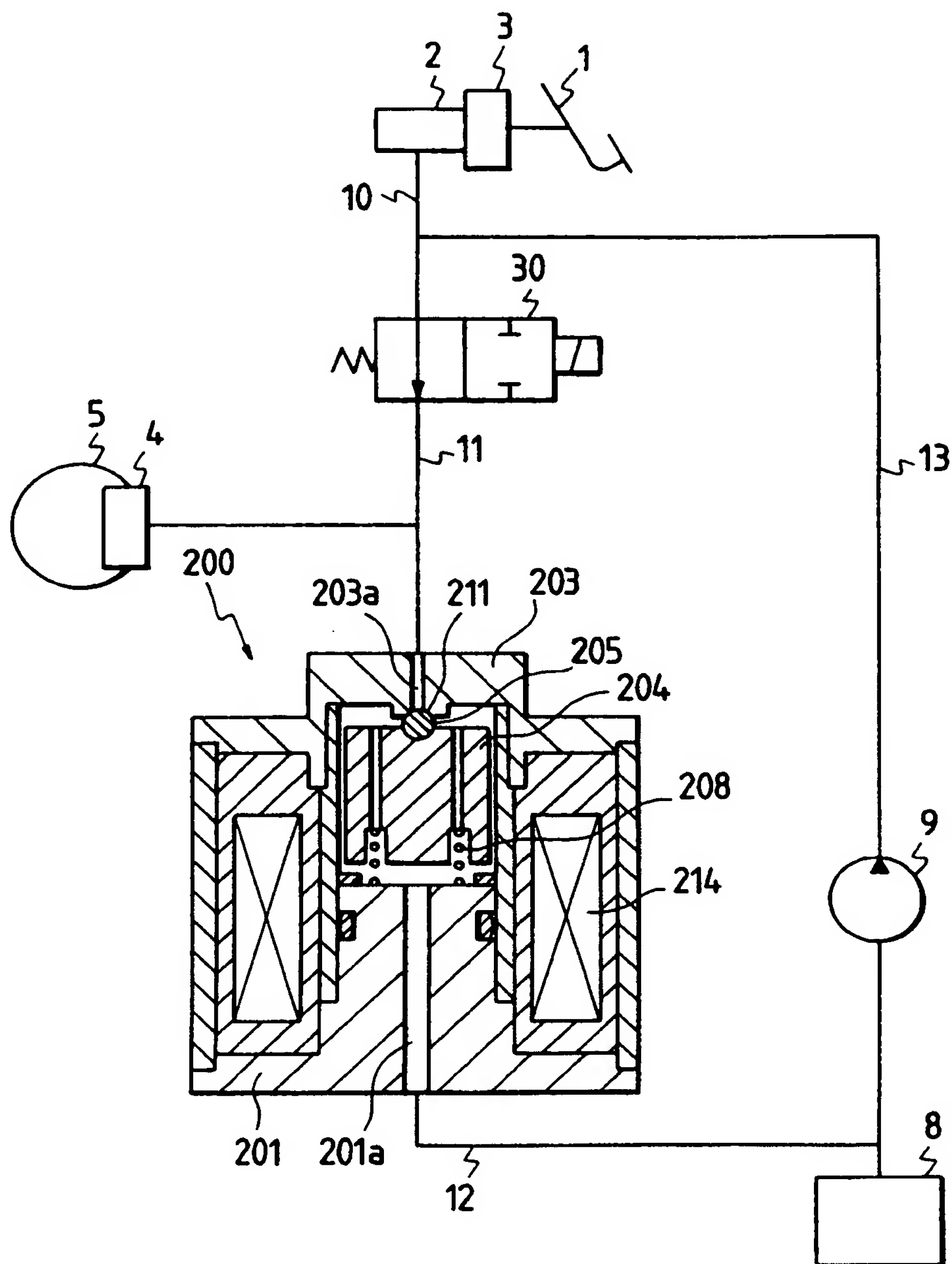


FIG. 10

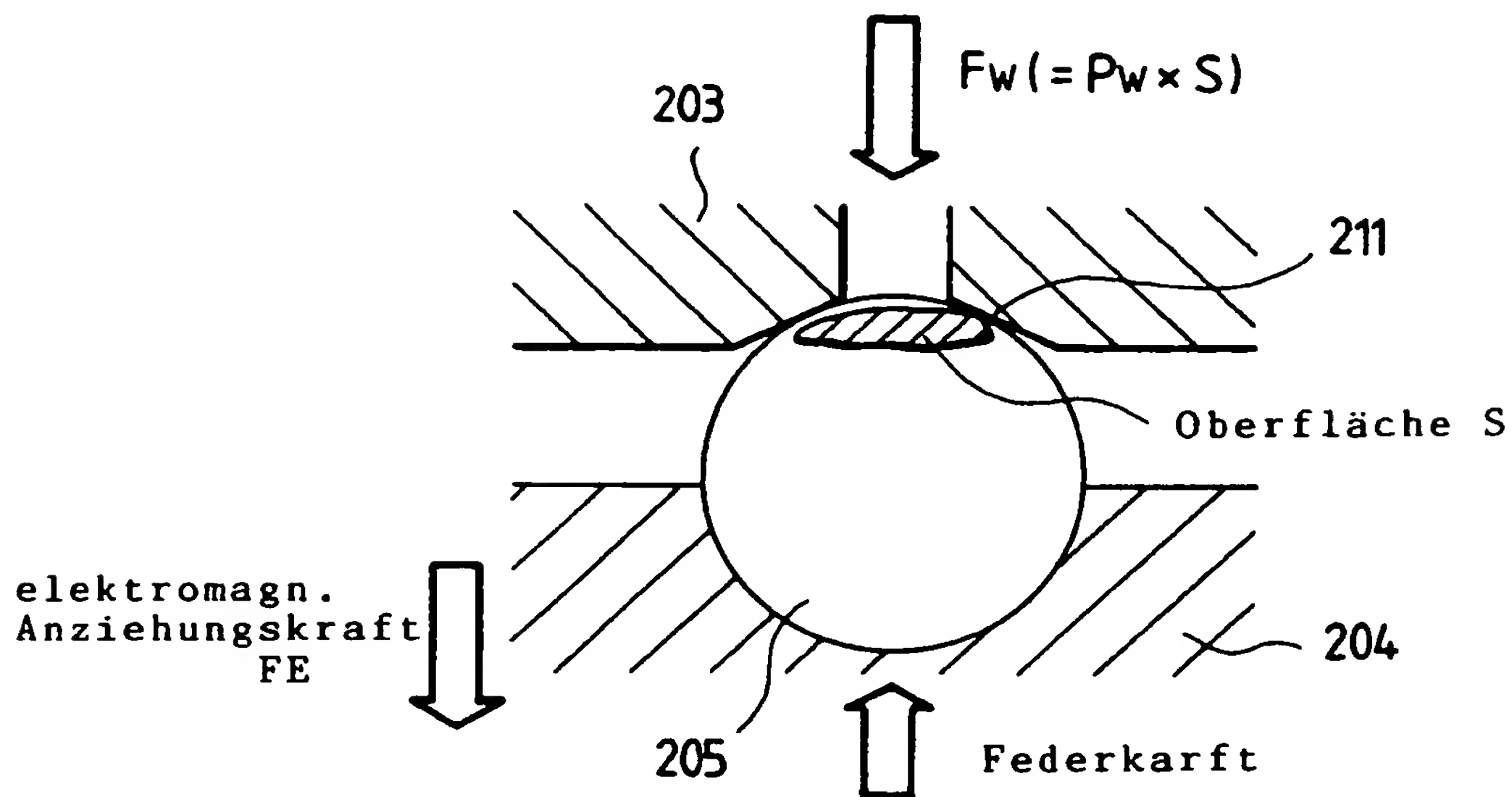


FIG. 11

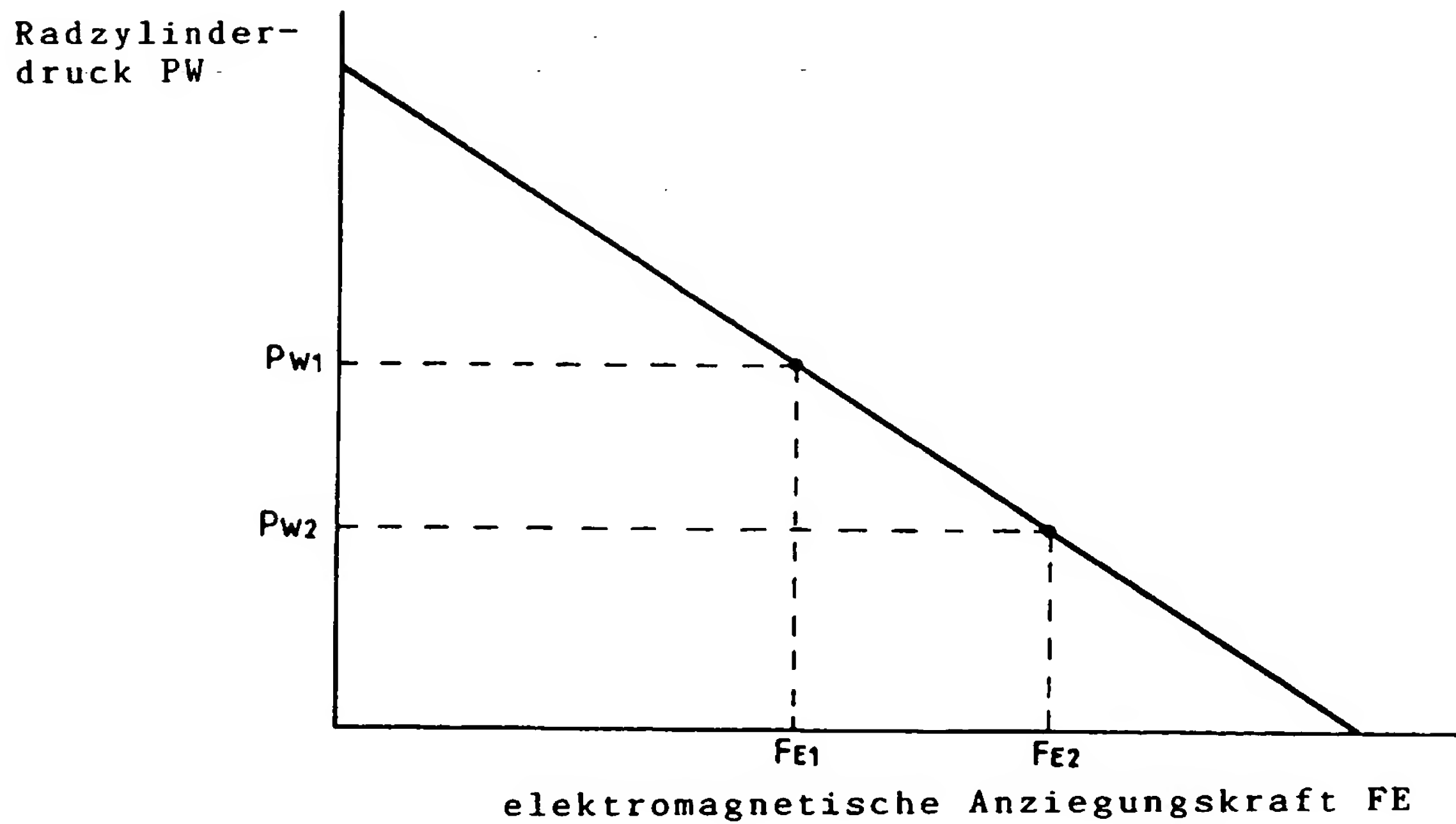


FIG. 12

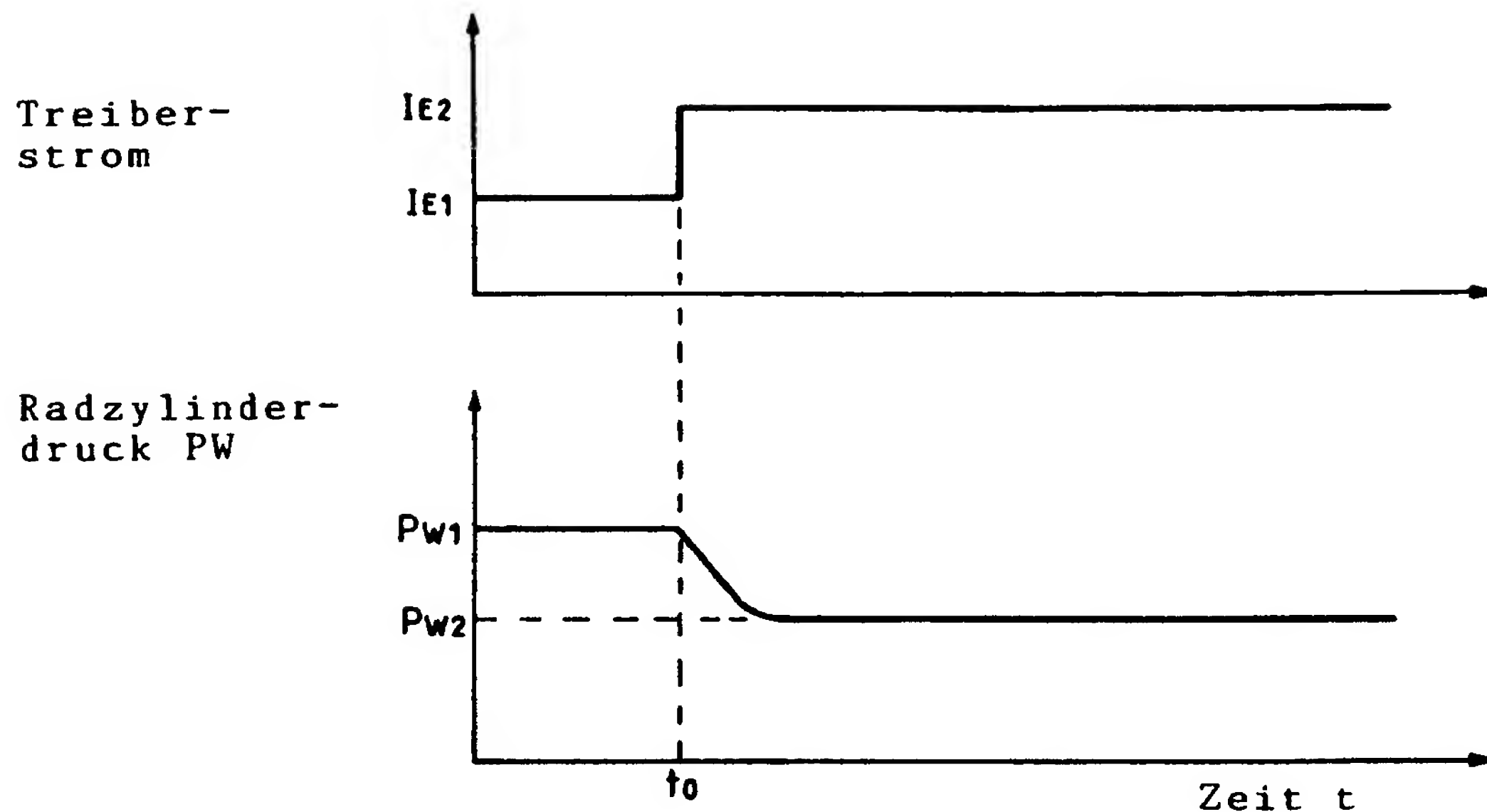


FIG. 13

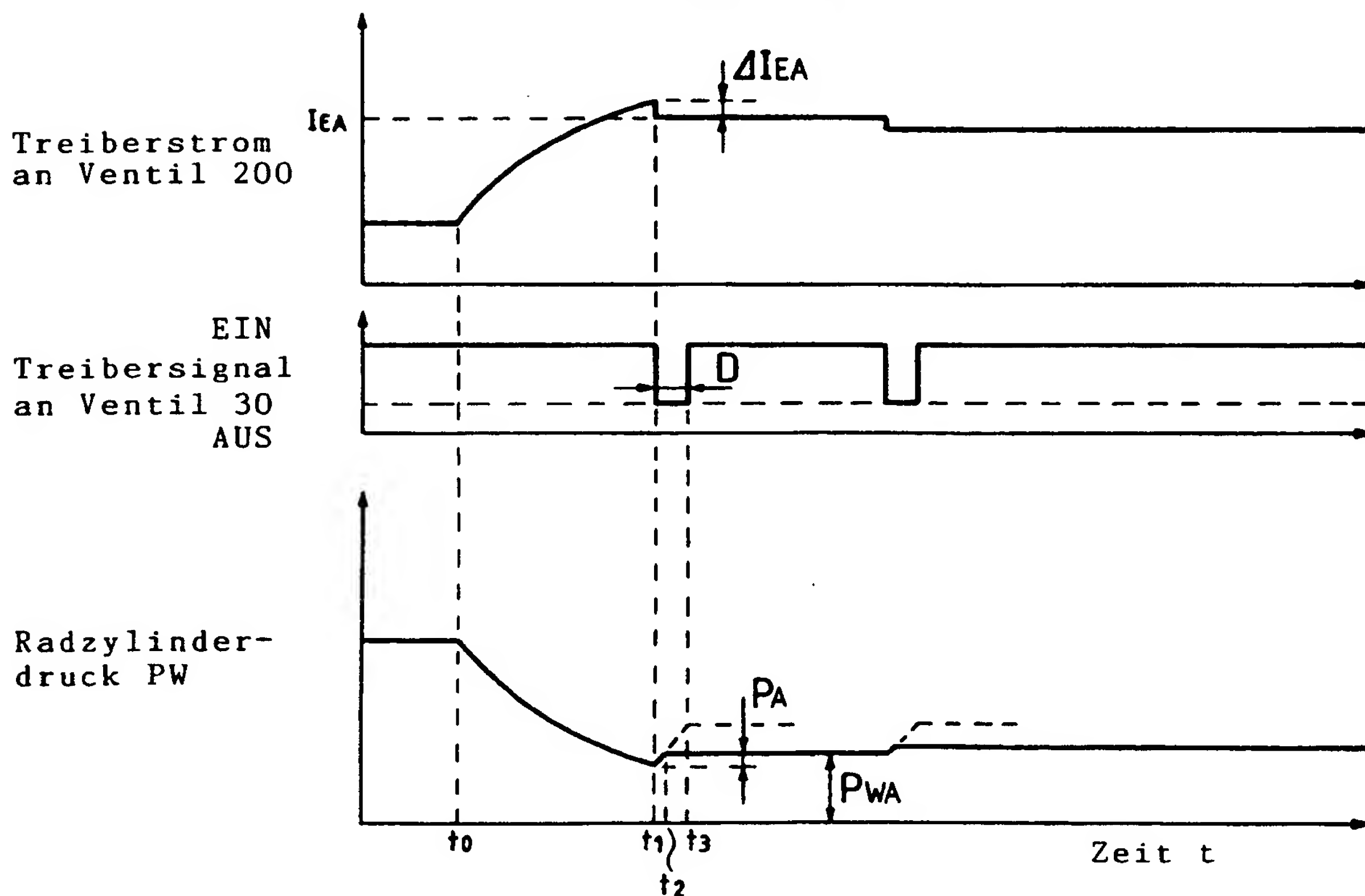


FIG. 14

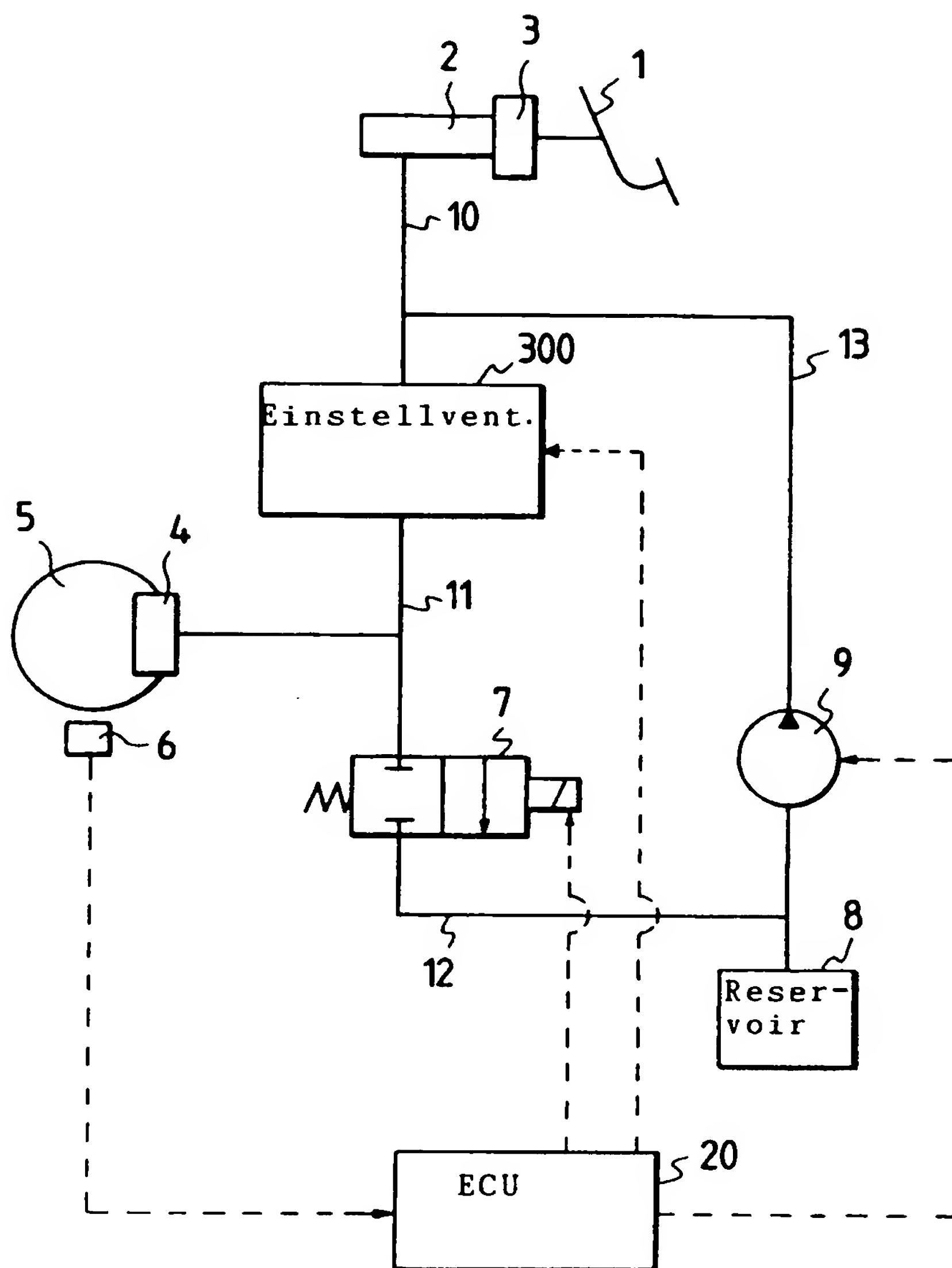


FIG. 15

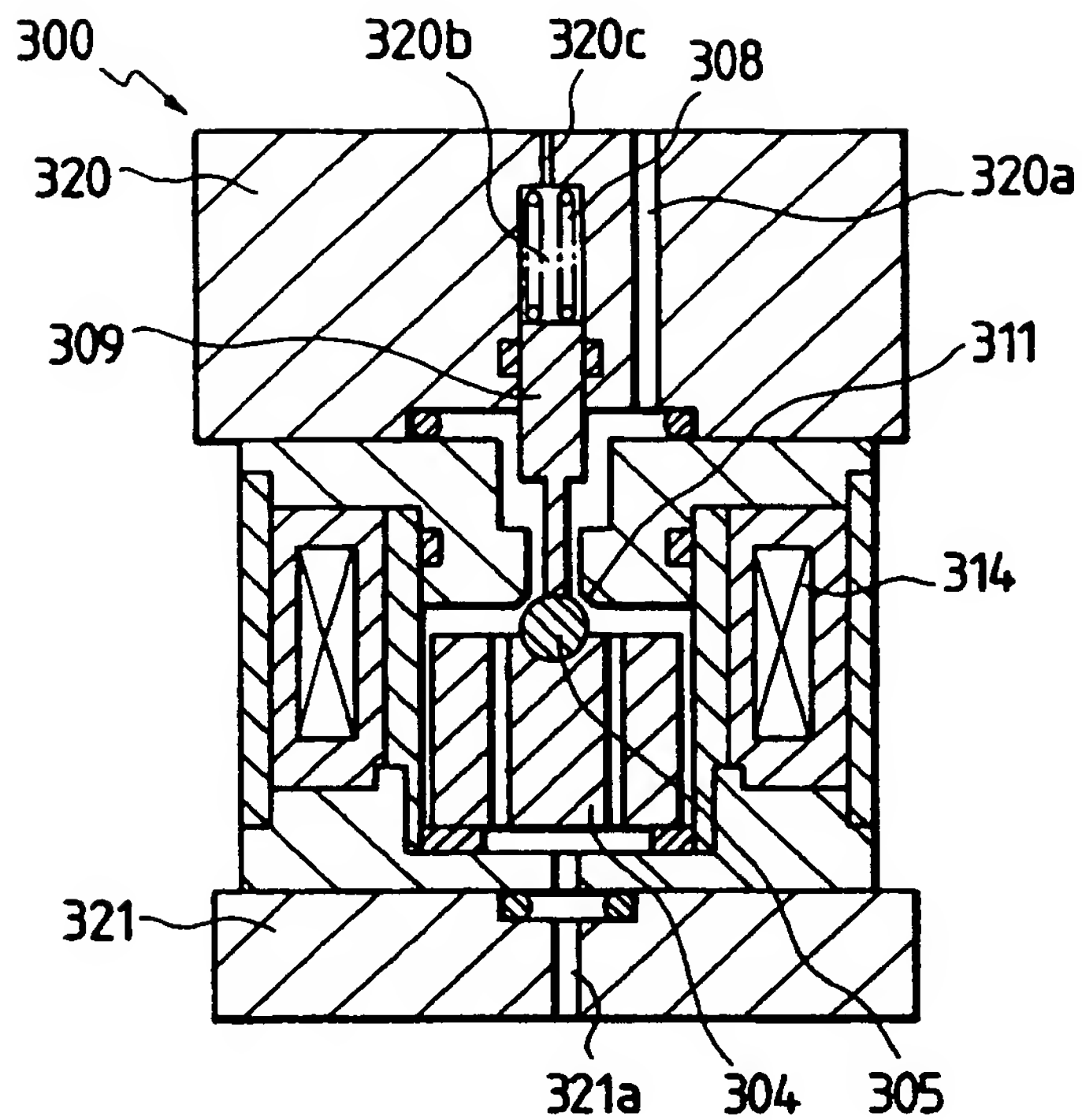
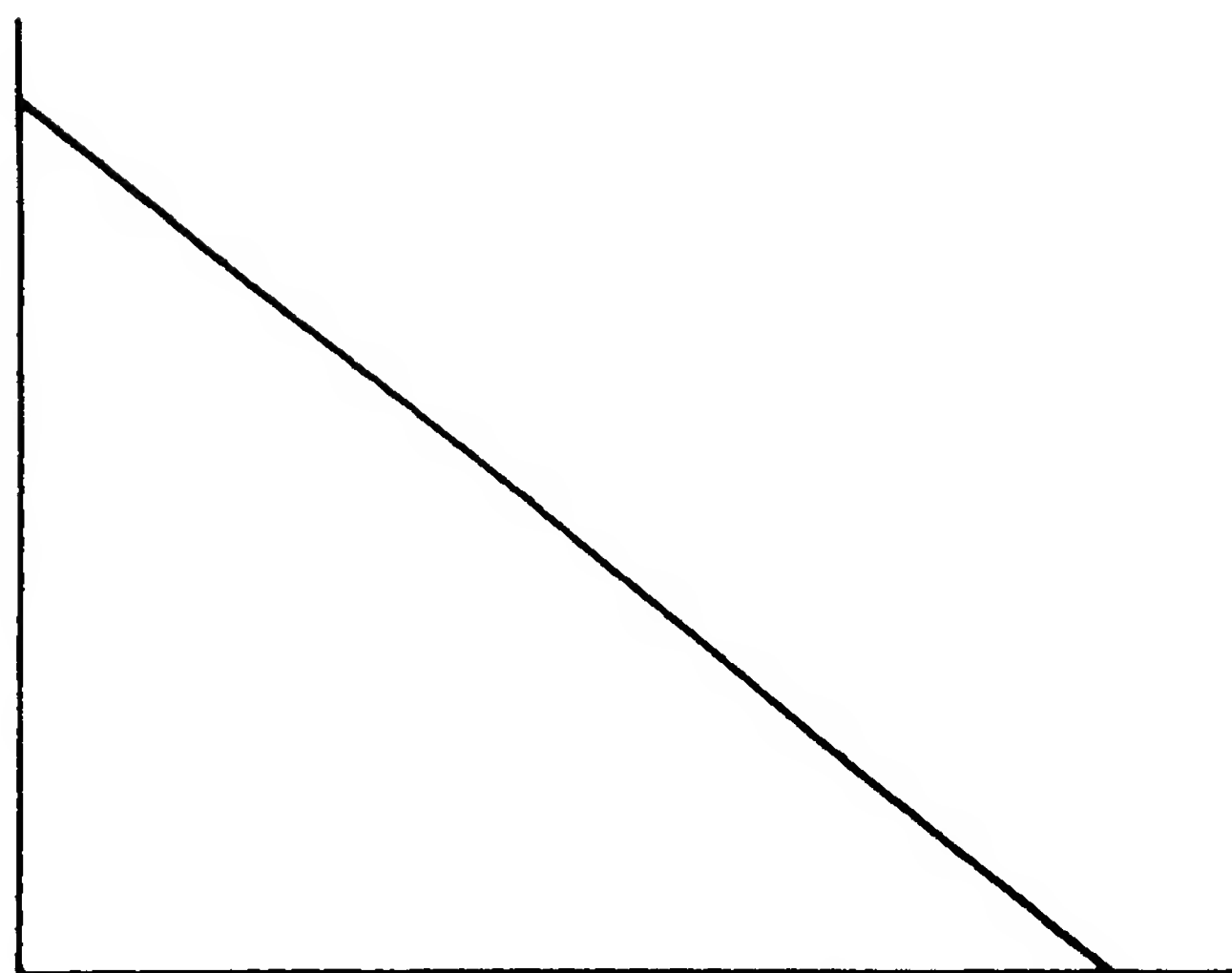


FIG. 17

Radzylinder-
druck PW



elektromagnetische Anziehungskraft FE

FIG. 16

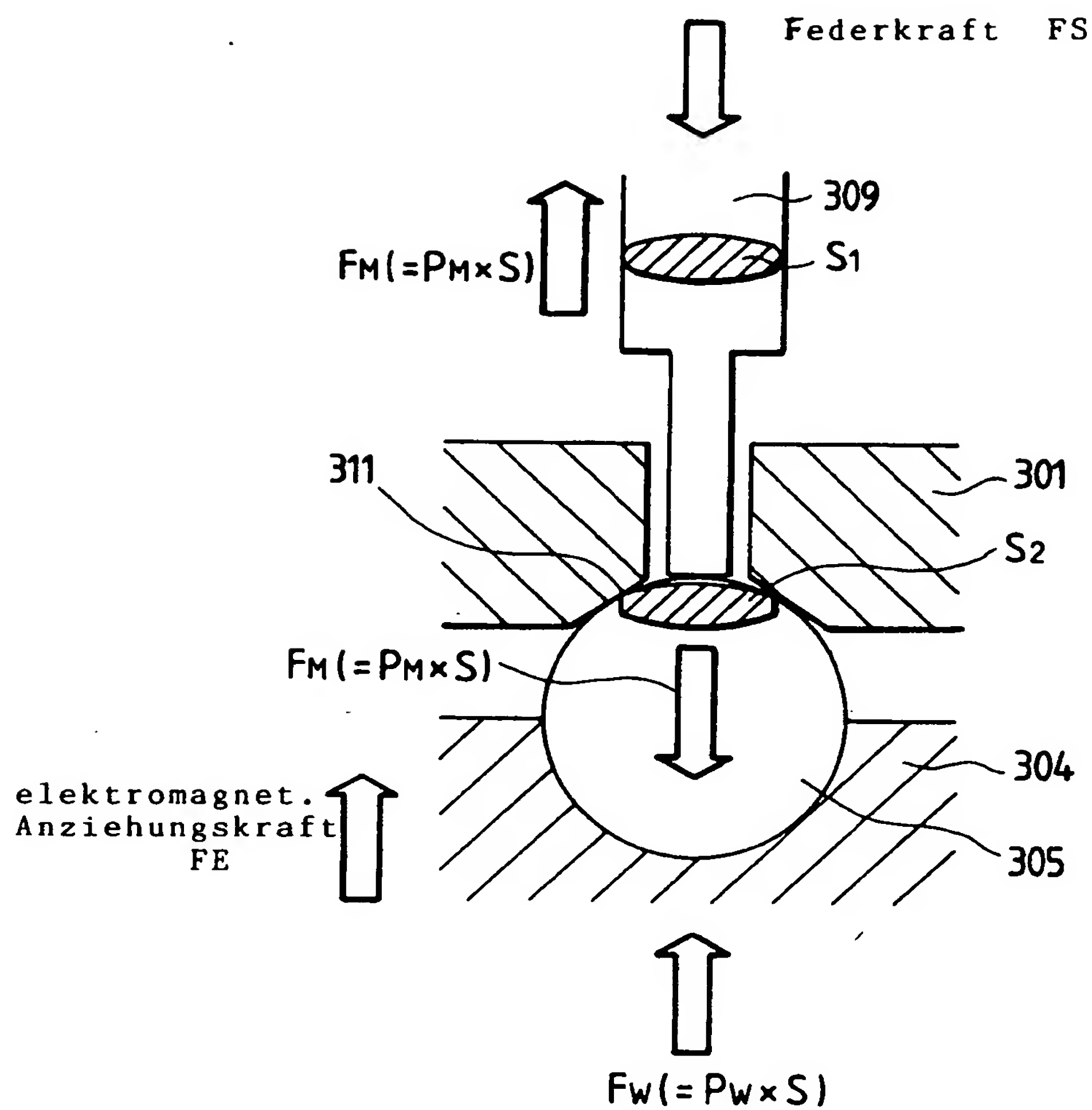


FIG. 18

